

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL DE LOS  
VENTILADORES DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO TOWER TECH Y  
BOMBAS DISTRIBUIDORAS DE AGUA FRÍA CHILLERS PARA CADA UNA DE  
LAS PLANTAS DE LA COMPAÑIA**

**LUIS FERNANDO RUÍZ RAMIREZ**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE AUTOMÁTICA Y ELECTRÓNICA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRONICA  
SANTIAGO DE CALI  
2008**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL DE LOS  
VENTILADORES DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO TOWER TECH Y  
BOMBAS DISTRIBUIDORAS DE AGUA FRÍA CHILLERS PARA CADA UNA DE  
LAS PLANTAS DE LA COMPAÑIA**

**LUIS FERNANDO RUÍZ RAMIREZ**

**Trabajo de Pasantia para optar al titulo de  
Ingeniero Electrónico**

Director De Pasantía  
**HECTOR FABIO ROJAS**  
Ingeniero Eléctrico

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE AUTOMÁTICA Y ELECTRÓNICA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRONICA  
SANTIAGO DE CALI  
2008**

Nota de aceptación:

Aprobado por el Comité de Grado  
en cumplimiento de los requisitos  
exigidos por la Universidad  
Autónoma de Occidente para optar  
al título de Ingeniero Electrónico

Ing. ADOLFO ORTIZ  
Jurado

Santiago de Cali. 08 junio de 2008

Santiago de Cali, Diciembre de 2007

Dedico este trabajo a Dios por haberme dado las fuerzas suficientes para salir adelante con esta carrera.

A mis padres María del Carmen Ramírez y Jesús Hernán Ruiz por haberme brindado todo su apoyo y colaboración en aquellos momentos difíciles de esta carrera, como la motivación necesaria para haber logrado esta meta.

A mis hermanos Jesús Orlando, John Alexander y Víctor Alfonso para que este logro de haber culminado mi carrera les de fuerza y motivación para que salgan adelante y alcancen sus metas.

A todos mis familiares y de nuevo a mi madre por haberme aguantado todos estos años.

A la ciudad de Santiago de Cali y en especial a la Universidad Autónoma de Occidente, quienes me han dado la oportunidad de realizarme profesionalmente.

**LUIS FERNANDO RUÍZ RAMÍREZ**

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero expresar mis sinceros y profundos agradecimientos por habernos ayudado en el desarrollo de este trabajo a las siguientes personas:

Primero a dios por darme la vida tan maravillosa que tengo... y agradezco al Ing. Héctor Fabio Rojas por el apoyo, preocupación y principalmente por su amistad, principalmente a la compañía CENTELSA (cables de energía y telecomunicaciones S.A.). por haberme permitido realizar este proyecto tan importante en mi formación académica para optar el título de grado en ingeniero electrónico, al Sr. Álvaro Caicedo por permitirme el ingreso a la compañía, al Sr. Javier Díaz por compartir sus amplios conocimiento y dedicación en la elaboración de los planos eléctricos, al Sr. Alexander Sandoval ingeniero electricista, jefe de mantenimiento eléctrico planta 1, asesor interno, por su apoyo y colaboración y su valioso interés puesto durante la elaboración del proyecto, y además de sus ideas para el enriquecimiento de este.

Agradezco a todo el personal de mantenimiento eléctrico planta 1, por el apoyo, colaboración y amistad que siempre me brindaron. En general a todas aquellas personas de la compañía que siempre me regalaron un gesto de amabilidad y buenos ratos de humor.

Finalmente agradezco a todos mis compañeros de UAO que siempre me apoyaron; muy especialmente a mi novia Leidy Yurany Pacheco Rodriguez por escuchar mis problemas y por darme ánimos para salir siempre adelante.

## **CONTENIDO**

	<b>Pág.</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>19</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>21</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>24</b>
<b>1. DESCRIPCION DEL PROYECTO</b>	<b>26</b>
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	26
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>28</b>
2.1 OBJETIVO GENERAL	28
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	28
<b>3. ANTECEDENTES</b>	<b>29</b>
3.1 ESTUDIO DEL PROBLEMA A RESOLVER	30
3.1.1 Modulo de circulación de agua fría de la torre	30
3.1.2 Modulo de sistema centralizado de agua (Chillers)	31
3.1.3 Modulo de distribución de agua fría Chillers	32
3.2 REQUERIMIENTOS DE LA EMPRESA	33
<b>4. JUSTIFICACION</b>	<b>35</b>
4.1 LA EMPRESA	35
4.1.1 Autor del proyecto	39
4.1.2 La universidad	39
4.1.3 Solución y propuesta	39

<b>5. METODOLOGIA</b>	<b>42</b>
5.1 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	44
<b>6. MARCO DE REFERENCIA</b>	<b>45</b>
6.1 MARCO TEORICO	45
<b>7.0 DESCRIPCION DE HARDWARE UTILIZADO</b>	<b>48</b>
7.1 PLC MICROLOGIX 1500	48
7.2 EQUIPO DE ADQUISICION DE DATOS DAS_8000	52
7.2.1 Borneras de conexión	54
7.2.2 Medidas y orificios en panel	55
7.2.3 Conexión de entradas digitales	56
7.2.4 Conexión de salidas digitales	56
7.3 MODULO DE EXPANSION DE I/O DIGITALES	58
7.4 CONVERTIDOR DE INTERFAZ	59
7.5 SENSOR DE NIVEL (TIPO BOYA)	60
7.6 TERMOPOZOS	62
7.6.1 Asta (vaina)	63
7.6.2 Elementos de fijación	63
7.7 MOTORES	63
7.8 BOMBAS CENTRIFUGAS HALBERG NOWA	65
7.9 DISYUNTOR TRIFASICO (GUARDAMOTOR)	66
7.9.1 Contactos auxiliares	68
7.10 CONTACTORES TRIFASICOS	69

7.10.1 Partes del contactor	69
7.10.2 Elementos de protección	71
7.11 SELECTOR DE 3 POSICIONES SOSTENIDAS	72
7.12. PILOTOS COLOR: VERDE, AMARILLO, ROJO	73
7.12.1 Piloto color Rojo	73
7.12.2 Piloto color Amarillo	73
7.12.3 Piloto color Verde	73
7.13 VARIADORES DE FRECUENCIA POWERFLEX	74
7.13.1 Opciones flexibles de diseño y montaje	75
7.13.2 Puesta en marcha y operación simples	75
7.13.3 Soluciones versátiles en programación y de red	75
7.13.4 Instalación eléctrica	76
7.13.5 Características variadores PowerFlex 40	78
7.13.6 Bloque de terminales de control	80
7.13.7 Programación y parámetros del variador	81
7.13.8 Modulo de programación HIM de led	83
7.13.9 Puesta en marcha del variador	84
<b>8.0 DESCRIPCION DE SOFTWARE UTILIZADO</b>	<b>85</b>
8.1 RSLOGIX 500	85
8.1.1 Descripción general de instrucciones	85
8.2 RSLINX COMMUNICATIONS SERVICE	88
8.3 PROASIS DCS WIN 3.55	89



<b>9.0 TORRES DE ENFRIAMIENTO</b>	<b>94</b>
9.1 CLASIFICACIONES	95
9.1.1 Clasificaciones de torres de enfriamiento según el tiro	95
9.1.2 Torres de enfriamiento de tiro natural o atmosférico	95
9.1.3 Torres de enfriamiento de tiro mecánico	96
9.1.4 Torres de enfriamiento de tiro forzado	96
9.1.5 Torres de enfriamiento de tiro inducido	97
9.2 CLASIFICACIONES DE TORRES DE ENFRIAMIENTO SEGÚN EL FLUJO DE AIRE	97
9.2.1 Torres de enfriamiento de contra flujo	97
9.2.2 Torres de enfriamiento de flujo cruzado	98
9.3 Componentes de una torre de enfriamiento	98
9.3.1 Sistema de distribución de aire	98
9.3.2 sistema de recolección de agua	99
9.3.3 Boquilla rotatoria aspesor de flujo variable	102
9.3.4 Deposito	103
9.3.5 Conexión de reposición válvula lóbulo con flotador	105
9.3.6 Motores	105
9.3.7 ventiladores	105
9.3.8 Garganta del ventilador	108
9.3.9 Eliminadores de rocío y relleno	108
9.3.10 Comodidad en aire acondicionado y usos industriales	109

9.3.11 Plantas de papel y fundiciones acereras	109
9.3.12 Materiales de construccion	110
9.3.13 Cableado de energía y control	111
9.3.14 Juego de patas	112
9.4 EQUIPOS OPCIONALES	113
9.4.1 CONTROLES DEL MOTOR	113
9.4.2 Calentador inmerso en el bacin	115
9.4.3 Sensor ultrasónico de nivel de líquido	117
<b>10. ANALISIS Y RESULTADOS</b>	<b>118</b>
10.1 EXPLICACION DEL DISEÑO	121
10.1.1 Declaración de la información	124
10.1.2 Entradas/Salidas digitales	125
10.1.3 Alarmas programadas	127
10.1.4 Hardware y software	130
10.2 PROGRAMACION DIAGRAMA ESCALERA PLC MICROLOGIX 1500	133
10.2.1 Selección de bombas BAT7/8	134
10.2.2 Sensor de nivel torre de enfriamiento	136
10.2.3 Rutina paro de emergencia	138
10.2.4 Rutina sensores de nivel bajo	140
10.3 DISEÑO DE CONTROL PARA BOMBAS DISTRIBUIDORAS	147
10.4 ALCANCES Y LIMITACIONES	152

<b>11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>150</b>
11.1 RECOMENDACIONES	152
11.2 CONCLUSIONES	155
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>157</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>159</b>

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> Necesidades iniciales planteadas por el cliente	34
<b>Tabla 2.</b> Consumo de energía permanente en la torre de enfriamiento	36
<b>Tabla 3.</b> Estimación beneficio / costo	38
<b>Tabla 4.</b> Cronograma de actividades	44
<b>Tabla 5.</b> Especificaciones generales PLC MicroLogix 1500	50
<b>Tabla 6.</b> Distribución de entradas definidas en el PLC	51
<b>Tabla 7.</b> Distribución de salidas definidas en el PLC	51
<b>Tabla 8.</b> Distribución de entradas digitales DAS_8000	56
<b>Tabla 9.</b> Distribución de salidas digitales DAS_8000	57
<b>Tabla 10.</b> Características modulo de expansión Ref. 1769-IQ6XOW4	59
<b>Tabla 11.</b> Distribución de I/O modulo de expansión	59
<b>Tabla 12.</b> Características técnicas sensor tipo boya	61
<b>Tabla 13.</b> Características técnicas bombas centrifugas Halberg Nowa	66
<b>Tabla 14.</b> Características técnicas disyuntor trifásico (Guardamotor)	68
<b>Tabla 15.</b> Características técnicas contactores auxiliares	69
<b>Tabla 16.</b> Características técnicas selector 3 posiciones	72
<b>Tabla 17.</b> Características técnicas de pilotos	73
<b>Tabla 18.</b> Opciones de montaje para variadores serie 40 y 400	76
<b>Tabla 19.</b> Calibres máximos y mínimos para terminales de borneras	78

<b>Tabla 20.</b>	Características técnicas variadores PowerFlex 40	79
<b>Tabla 21.</b>	Designación de terminales de I/O de control	82
<b>Tabla 22.</b>	Características únicas de diseño	99
<b>Tabla 23.</b>	Descripción técnica de motores	106
<b>Tabla 24.</b>	Modelos de ventiladores	107
<b>Tabla 25.</b>	Características del relleno	109
<b>Tabla 26.</b>	Características de materiales de construcción de la torre	110
<b>Tabla 27.</b>	Características de termocuplas	119
<b>Tabla 28.</b>	Combinación de I/O digitales correspondiente a código binario	130
<b>Tabla 29.</b>	Asignación de I/O análogas y digitales	149
<b>Tabla 30.</b>	Acción de control por medio de combinaciones digitales	150
<b>Tabla 31.</b>	Productos Centelsa	159

## LISTA DE FIGURA

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Modulo 1 sistema de enfriamiento centelsa	31
<b>Figura 2.</b> Esquema de unidad enfriadora de agua chillers	32
<b>Figura 3.</b> Modulo de distribución de agua fría chillers	33
<b>Figura 4.</b> Grafica respuesta del sistema	37
<b>Figura 5.</b> Diagrama general estrategia de control	41
<b>Figura 6.</b> Diagrama general sistema d enfriamiento Centelsa	45
<b>Figura 7.</b> Esquema unidad central chillers	46
<b>Figura 8.</b> MicroLogix 1500 con procesador 1764-24WBA	49
<b>Figura 9.</b> Equipo de adquisición de datos DAS_8000	52
<b>Figura 10.</b> Bornes de conexión DAS_8000	54
<b>Figura 11.</b> Medidas y orificios en panel	55
<b>Figura 12.</b> Orificio panel	55
<b>Figura 13.</b> Esquema interno de conexión de entradas digitales	56
<b>Figura 14.</b> Esquema eléctrico de salidas digitales	57
<b>Figura 15.</b> Modulo de expansión de I/O Ref.1769-IQ6XOW4	58
<b>Figura 16.</b> Convertidor de interfaz Ref.1761-NET-AIC	60
<b>Figura 17.</b> Sensor de nivel tipo (Boya)	61
<b>Figura 18.</b> Motores	64

<b>Figura 19.</b> Bombas centrifugas Halberg Nowa	66
<b>Figura 20.</b> Disyuntor trifásico guardamotor telemecanique	68
<b>Figura 21.</b> Contacto auxiliar (Guardomotor)	69
<b>Figura 22.</b> Selector 3 posiciones sostenidas	72
<b>Figura 23.</b> Pilotos color, verde, rojo, amarillo	74
<b>Figura 24.</b> Variador de frecuencia PowerFlex 40	74
<b>Figura 25.</b> Espaciamiento necesario para la instalación del variador	77
<b>Figura 26.</b> Conexión típica a tierra	77
<b>Figura 27.</b> Diagrama de bloques de cableado de control	80
<b>Figura 28.</b> Parámetros de la pantalla HIM	81
<b>Figura 29.</b> Pantalla principal RSLinx	89
<b>Figura 30.</b> Descripción general torre de enfriamiento	99
<b>Figura 31.</b> Sistema de recolección de agua	100
<b>Figura 32.</b> Descripción del sistema de recolección de agua	100
<b>Figura 33.</b> Tapas finales, canales secundarios	101
<b>Figura 34.</b> Boquilla rotatoria aspesora	102
<b>Figura 35.</b> Esquema de deposito	103
<b>Figura 36.</b> Distancia de roció de la boquilla Vs flujo	104
<b>Figura 37.</b> Válvula mecánica con flotador	105
<b>Figura 38.</b> Ventiladores 9WR de 6 aspas	106
<b>Figura 39.</b> Diseño de ventiladores/aspas	107

<b>Figura 40.</b> Garganta del ventilador	108
<b>Figura 41.</b> Disposición de cableado típico	111
<b>Figura 42.</b> Interruptores manuales tipo opcionales	112
<b>Figura 43.</b> Subestructura de la torre	113
<b>Figura 44.</b> Paneles de control de motores tipo para 10 ventiladores	115
<b>Figura 45.</b> Localización de calentador de inmersión del bacin y del sensor	116
<b>Figura 46.</b> Linealización de tipo de termocuplas	120
<b>Figura 47.</b> Estrategia de control para ventiladores de la torre de enfriamiento	122
<b>Figura 48.</b> Declaración de entradas analógicas por medio del DAS_8000	124
<b>Figura 49.</b> Declaración de entradas y salidas digitales DAS_8000	126
<b>Figura 50.</b> Declaración de alarmas programadas DAS_8000	127
<b>Figura 51.</b> Diagrama entradas y salidas PLC MicroLogix 1500	129
<b>Figura 52.</b> Esquema supervisor del sistema de enfriamiento de centelsa	132
<b>Figura 53.</b> Diagrama escalera inicio del sistema	133
<b>Figura 54.</b> Diagrama escalera para selección de bombas BAT7/8	134
<b>Figura 55.</b> Diagrama escalera sensor de nivel interior torre	136
<b>Figura 56.</b> Diagrama escalera para de emergencia con reconocimiento	138
<b>Figura 57.</b> Diagrama escalera reposición del sistema por paro de emergencia	140
<b>Figura 58.</b> Diagrama escalera control sensores de nivel bajo	140
<b>Figura 59.</b> Implementación nuevo tablero de control	143
<b>Figura 60.</b> Tablero nuevo vista frontal	144



<b>Figura 61.</b> Tablero nuevo vista laterales	144
<b>Figura 62.</b> Luces pilotos y controles de selección	145
<b>Figura 63.</b> Diagrama general estrategia de control bombas distribuidoras	147
<b>Figura 64.</b> Diagrama soluciones avanzadas red de variadores de velocidad	153

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo A.</b> Productos CENTELSA	157
<b>Anexo B.</b> Caracterización de tanques	165
<b>Anexo C.</b> Planos Eléctricos tablero de control	173
<b>Anexo D.</b> Graficet de control por temperatura para ventiladores De la torre de enfriamiento Tower Tech	194
<b>Anexo E.</b> Graficet total de control por temperatura para ventiladores Y bombas de la torre de enfriamiento Tower Tech	196
<b>Anexo F.</b> Especificaciones técnicas del PLC Siemens Simatic S7-200 CPU 214	199
<b>Anexo G.</b> Planos Torre de enfriamiento Tower Tech	200

## GLOSARIO

**AUTOMATIZACIÓN:** actividad en la cual se logra optimizar y mejorar la eficacia de un producto o proceso.

**DAS\_8000:** el modulo DAS\_8000 es un equipo de adquisición de señales analógicas y digitales, que pueden funcionar de forma autónoma o supervisada desde un sistema inteligente (ordenador, PLC, etc.).

**GEMMA:** la guía gemma (Guide d'Etudes des Modes de Marches et d'Arrêts), se trata de una representación organizada de todos los modos o estados de Marcha y Paradas en que se puede encontrar un proceso de producción automatizado y orienta sobre los saltos o transiciones que pueden darse de un estado a otro.

En la automatización de una máquina es necesario prever todos los estados posibles: funcionamiento manual o semiautomático, paradas de emergencia, puesta en marcha,... y, a demás, el propio automatismo debe ser capaz para detectar defectos en la parte operativa y colaborar con el operario o técnico de mantenimiento para su puesta en marcha y reparación, entre otras.

**GRAFCET:** (graphe fonctionnel de commande etapes-transitions) es un diagrama funcional que describe la evolución del proceso que se quiere automatizar. Está definido por unos elementos gráficos y unas reglas de evolución que reflejan la dinámica del comportamiento del sistema.

Todo automatismo secuencial o concurrente se puede estructurar en una serie de etapas que representan estados o subestados del sistema, en los cuales se realiza una o más acciones, así como transiciones, que son las condiciones que deben darse para pasar de una etapa a otra.

**PLC:** (programmable logic controller) controlador lógico programable. Dispositivo electrónico utilizado para controlar y/o manipular variedad de equipos o procesos industriales.

**SCADA:** scada (supervisory control and data acquisition) es un sistema industrial de mediciones y control que consiste en una computadora principal o "master" (generalmente llamada Estación Maestra, "Master Terminal Unit" o MTU); una o más unidades control obteniendo datos de campo (generalmente llamadas

estaciones remotas, "Remote Terminal Units," o RTU); y una colección de software estándar y/o a la medida usado para monitorear y controlar remotamente dispositivos de campo. Los sistemas SCADA contemporáneos exhiben predominantemente características de control a lazo abierto y utilizan comunicaciones generalmente interurbanas, aunque algunos elementos de control a lazo cerrado y/o de comunicaciones de corta distancia pueden también estar presentes.

**SIMULACION:** representación, cuasi real de un proceso, el cual se realiza con el fin de obtener una aproximación de cómo dicho proceso podría comportarse realmente.

**TEMPORIZADOR:** instrucción que espera una cantidad de tiempo determinado antes de realizar una acción específica.

**TORRES DE ENFRIAMIENTO:** es un equipo ideado para enfriar al agua que ha sufrido un calentamiento sensible durante un proceso, y que generalmente se requiere reutilizar, caso en el cual se hace necesario regresarla a las condiciones a las cuales es aprovechable. También puede ser destinada a otros fines, aunque no es lo usual, e incluso a veces es desechada una vez que ha sido enfriada, para prevenir daños ecológicos.

## RESUMEN

Hoy en día es vital para las compañías industriales estar a la vanguardia de la tecnología y así poder satisfacer las demandas del mercado. La automatización y modernización permiten aumentar la eficiencia de los procesos industriales, logrando mantener principalmente las mismas características en los productos desarrollados.

Ante la necesidad que se plante en el ambiente industrial y el desarrollo de nuevas tecnologías y proyectos de energía y telecomunicaciones en diferentes países de América, existen empresas que se dedican a la elaboración de cables de energía y telecomunicaciones. Es de esta manera como se aborda el proceso del sistema de enfriamiento de Centelsa, para que la empresa mejore este proceso y mantenga su producción constante, logrando primordialmente tener este proceso completamente monitoreado y automatizado, realizando control por temperaturas a los ventiladores de la torre de enfriamiento TOWER TECH y bombas distribuidoras de agua fría chillers para cada una de las plantas de la compañía (IMEC, planta 1, planta 2 y 3).

Para la realización de este proyecto, se ha seguido un proceso de diseño y desarrollo como herramienta fundamental, el cual se define como un proceso organizado para concebir y diseñar una estrategia de control, que toma como punto de partida las necesidades planteadas por el cliente.

Con el objetivo de mejorar el desempeño del sistema de enfriamiento de Centelsa, se implemento un nuevo sistema de control basado en un PLC Micrologix 1500, de marca Allen Bradley, y un modulo de adquisición de datos llamado DAS\_8000 de desin instrument. Una vez instalado los equipos físicos necesarios para monitorear el proceso las 24 horas del día, y de esta manera recolectar información la cual nos permitió diseñar una estrategia de control, y por medio de esta controlar los ventiladores de la torre de enfriamiento Tower Tech, se programo en el lenguaje RSLogix 500 y en el software de gestión Proasis\_DSC Win 3.55 para el modulo de adquisición de datos, el cual cuenta con un paquete el cual permite diseñar y llevar acabo sinópticos, configuración del modulo, y enlazar las variables involucradas en el proceso. Gracias a la elaboración de este proyecto, la compañía Centelsa "Cables de energía y telecomunicaciones S.A", cuenta ahora con un sistema de control moderno y eficiente, el cual permite monitorear en forma continua todas las variables que intervienen en este proceso, realizando control por temperatura al tanque de agua fría de la torre de enfriamiento, de esta manera logrando controlar los ventiladores de la torre de enfriamiento dependiendo la temperatura de operación del tanque de agua fría de la torre.

Como uno de los resultados mas importantes en el proyecto, se logro diseñar y cambiar por completo el tablero de control de la torre de enfriamiento ya que anteriormente esta torre era controlada por un tablero muy obsoleto, el cual se encontraba en muy mal estado, y todo el proceso se controlaba de forma manual, por esta razón los ventiladores de la torre de enfriamiento se encontraban en continuo funcionamiento los 7 días de la semana las 24 horas del día sin control alguno.

Además se logro diseñar una estrategia de control para cada uno de los ventiladores de la torre de enfriamiento, tomando como referencia una banda de operación normal del tanque de agua fría de la torre, la cual consiste en:

Trabajar con una banda de operación normal de este tanque la cual de acuerdo con los estudios realizado durante 30 días almacenando las diferentes temperaturas de este proceso durante las 24 horas del día, se concluyo trabajar con una zona de 24 a 26C, ya que este es el rango de operación normal de la torre de enfriamiento TOWER TECH, además al realizar una estrategia de control tomando como referencia esta zona de trabajo se esta teniendo en cuenta las necesidades planteada por el cliente ya que en primera instancia una de las necesidades principales fueron que es sistema aceptara futuras mejoras sin alterar la programación del PLC Micrologix 1500, ya que la compañía día tras día esta creciendo en producción y de esta manera se esta comprando maquinaria nueva, para la producción de cableado en las diferentes extrusoras de la compañía es requisito indispensable agua fría chillers para poder enfriar el cable el cual es recolectado en cada una de las diferentes bobinas para la distribución de este producto.

Se logro como un de los objetivos principales un ahorro de energía en el proceso ya que al realizar el estudio, registrando las 24 horas del días las diferentes temperaturas de operación de cada tanque del sistema de enfriamiento con frecuencia de grabación de 3 minutos, durante 30 días, se planteo en primera instancia la posibilidad de mantener por lo menos un ventilador apagado durante la mayor parte del día sin alterar el trabajo de los compresores, ya que esto nos traería como consecuencia un incremento en el consumo de energía del sistema ya que este trabaja con 6 compresores de 50HP.

Finalmente, después de haber realizado el estudio durante un mes de las diferentes temperaturas que intervienen en el sistema de enfriamiento de Centelsa, se analizaron los datos arrojados durante el estudio y se diseñaron diferentes estrategias de control las cuales se analizaron una a una hasta que se tomo la mejor opción de diseño, la cual cumple con los objetivos trazados inicialmente sin alterara el desempeño habitual de la torre de enfriamiento. Ayudando así que la empresa sea cada vez más competitiva. El diseño de la estrategia de control abarcó las necesidades que el cliente había planteado inicialmente, y su arquitectura del sistema de control se puede adaptar en otras

aplicaciones industriales, lo cual brinda flexibilidad ante diferentes situaciones o requerimientos.

## INTRODUCCIÓN

La empresa Centelsa (cables de energía y telecomunicaciones S.A.) es una empresa que ha estado ligada a la industria nacional desde 1.955. Desde entonces ha sido líder en la fabricación de cables para energía y telecomunicaciones.

Los productos CENTELSA están presentes en todas las actividades de la vida nacional y en proyectos de energía y de telecomunicaciones en diferentes países de América. En proyectos de generación y transmisión de energía, en sistemas de distribución eléctrica en grandes y pequeñas urbes, en los transportes, en el desarrollo de plantas industriales y mineras, en sistemas de electrificación rural, en la industria de la construcción, en la fabricación de equipos industriales, de oficina y electrodomésticos. (Ver Anexo A)

CENTELSA también esta presente en las telecomunicaciones, en las transmisiones vía satélite, en las centrales telefónicas, en las redes telefónicas de distribución urbana y rural, en proyectos de radiocomunicación, en la industria para equipos electrónicos, en cableado estructurado y en edificios inteligentes.

Actualmente Centelsa, desea automatizar el sistema de enfriamiento, especialmente en la torre de enfriamiento, ya que esta conformada por 4 ventiladores de 3Hp los cuales están en continuo funcionamiento los 7 días de la semana las 24 horas del día, ya que este sistema solo operaba de forma manual y no contaba con ninguna clase de monitoreo el cual permitiera saber el estado actual del proceso en algún momento determinado, además se desea diseñar un nuevo tablero de control con todas las protecciones contra fallas, control manual y control automático, este estrategia de control debe estar en la capacidad de registrar históricos durante 30 días para efectos de estadísticas en proceso, se debe implementar el supervisor con todas las variables que interviene en el proceso en tiempo real mediante el modulo de adquisición de datos llamado DAS\_8000 y software Proasis\_DSC Win 3.55.

Lo que se busca con la realización de este proyecto, es obtener la información que rodea todos los aspectos del problema a tratar, teniendo siempre en cuenta los requerimientos del cliente, para realizar un proceso de diseño concurrente y adaptativo que arroje como resultado la mejor solución, la cual brinde satisfacción y seguridad al usuario, teniendo en cuenta los detalles más básicos hasta los componentes principales del sistema, así como la utilización de materiales estándar al costo más bajo posible, y de igual manera con respecto a sus



componentes propios. Es por eso que se desarrolla una metodología de diseño la cual garantice que el sistema sea concebido a la medida.

Además Centelsa busca día tras día automatizar completamente sus procesos, ya que para esta compañía es de vital importancia tener en forma toda su maquinaria y de esta manera suplir con sus compromisos.

Cabe mencionar que para la realización de este proyecto tan importante para la compañía se contó con una limitante bastante importante ya que la compañía ya contaba con algunos equipos como lo fueron el modulo de adquisición de datos DAS\_8000 y el PLC Micrologix 1500, por esta razón no se tiene la oportunidad de realizar el control por temperatura a través de una red de variadores de velocidad o controladores PID o una tarjeta de adquisición de datos mas rápida que la existente.

## **1. DESCRIPCION DEL PROYECTO**

En este capítulo se definen los parámetros para llevar a cabo el proyecto en la empresa Centelsa (Cables De Energía y Telecomunicaciones S.A).

### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Actualmente Centelsa cuenta con un sistema de enfriamiento del agua industrial que es utilizada en las extrusoras de las plantas para enfriamiento de los cables en las canales de las extrusoras y los intercambiadores de calor en las trefiladoras, este sistema de Intercambio de temperatura (enfriamiento) se hace a través de unos equipos denominados CHILLERS.

Este sistema de enfriamiento recibe el agua del proceso de las tres plantas de producción de Centelsa más el agua de IMEC y es el encargado de disminuir la temperatura con la que se recibe dicha agua en los Chillers de P1.

El sistema de enfriamiento carece de un sistema adecuado para monitorear y registrar en forma continua las variables del proceso necesarias para poder mantener la temperatura del agua de enfriamiento en el valor adecuado para los debidos procesos, este sistema no posee ninguna clase de control en cuanto a temperaturas de operación de los tanques de agua fría y caliente de la torre.

Este sistema de enfriamiento actualmente trabaja de forma completamente manual, ya que no cuenta con ningún equipo o dispositivo el cual permita realizar control y monitoreo a un sistema tan importante como lo es este para la compañía, la producción de Centelsa depende de gran parte de agua fría chillers la cual es entregada como elemento final después de pasar por todo el proceso de enfriamiento la cual es utilizada en planta 1,2,3, en IMEC para procesar y enfriar los tubos de PVC después de ser procesados.

Al no contar con ninguna clase de control el sistema de enfriamiento de Centelsa, trabaja por medio de una torre de enfriamiento de marca TOWER TECH la cual esta conformado por 4 ventiladores de 3 hp marca Lincoln de 870 RPM a 230/460 Volts, los cuales están en continuo funcionamiento los 7 días de la semana, las 24 horas del día, con un consumo permanente de 23 KW/h, además el sistema actual no contaba con ninguna clase de control para cada una de las bombas distribuidoras de agua fría CHILLERS, la cual es suministrada por el tanque de agua fría CHILLERS ubicados en el cuarto de enfriamiento para cada una de las plantas de la compañía (1&2, 3, Imec), después de cumplir con su

debido proceso las maquinas de la compañía retornan agua caliente al sistema de enfriamiento, al pasar esta agua por un proceso de enfriamiento retorna nuevamente a cada una de las plantas sin importar que planta requiere o no de agua fría, es decir este o no este produciendo.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

- Diseñar un sistema de monitoreo y control para la central de enfriamiento de Centelsa Cali, realizando control por temperatura a los ventiladores de la torre de enfriamiento TOWER TECH y bombas distribuidoras de agua fría chillers para cada una de las plantas de la compañía.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Recolectar información acerca del proceso, y realizar diferentes pruebas a diferentes horas del día y de esta manera lograr obtener información del proceso dependiendo el nivel de producción de la compañía.
- Analizar la información recolectada durante un periodo de 30 días y llevar acabo el diseño de control por temperatura dependiendo las diferentes temperaturas de operación del tanque de agua fría de la torre, y de esta manera tomar decisión de que ventilador de la torre TOWER TECH entra en funcionamiento, logrando reducir el consumo de energía.
- Diseñar un sistema que sea seguro y confiable
- Realizar estudios acerca de materiales y equipos que se utilizaran en el diseño.
- Implementación por medio de software de gestión PROASIS DCS WIN\_ V3.55 para cada uno de los estados actuales del proceso “tiempo real” por medio de un equipo de adquisición de datos DAS-8000 de desin instrument, permitiendo manejo de históricos para llevar estadísticas del proceso.
- Desarrollar una estrategia control para cada una de las bombas distribuidoras de agua fría CHILLERS, que abastecen a cada una de las plantas de la compañía (1&2, 3, IMEC), dependiendo su nivel de producción.
- Diseñar el software de control para el PLC Micrologix 1500.
- Diseñar planos eléctricos para el tablero de control tomando como referencia la GUIA GEMMA.

### 3. ANTECEDENTES

Centelsa desde el año 1995 cuenta con este sistema de enfriamiento del agua que retorna del proceso de enfriamiento de cables a través de unas canaletas que posee las diferentes extrusoras de cada una de las plantas de la compañía mas las de IMEC, en el año 1998 se implemento un sistema modular por la compañía ingemel para alternar el trabajo de los compresores dependiendo la temperatura de salida del sistema, logrando un control por medio de 3 módulos los cuales se implementaron en PLC logo de la Siemens, cada modulo esta conformado por 2 compresores de 50Hp los cuales tiene un rango de trabajo.

- Modulo 1: 14 C
- Modulo 2: 15.7C
- Modulo 3: 17C

Desde el año 1998 que se implemento el sistema modular diseñado por ingemel no se ha realizado ninguna clase de control para lograr obtener un ahorro de energía en el proceso, por esta razón este proceso carece de un sistema el cual entregue mayor información y realice control a las bombas distribuidoras de agua fría chillers para cada una de las plantas de la compañía, además es necesario tener control en los 4 ventiladores que conforman ciclo de enfriamiento por medio de la torre TOWER TECH , ya que estos se encuentran trabajando las 24 horas del día los 7 días de la semana.

En octubre 18 de 1995 el ING. Hayber Lenin Velasco supervisor de mantenimiento eléctrico de planta #1, realizo una petición al jefe de mantenimiento de planta #1, el ING. Eduardo Obregón, acerca de las necesidades de los equipos chillers, en esta carta expresaba la necesidad de instalar un sistema adecuado para monitorear y registrar en forma continua las variables del proceso necesarias para poder mantener la temperatura del agua de enfriamiento en el valor adecuado para los procesos.

Expresaba que es debido a que cuando se presentan cambios en los procesos de planta #3, IMEC o suministro de agua emcali para reposición que inciden en la temperatura del agua de enfriamiento de los procesos y que repercuten en el desempeño del sistema de enfriamiento por chillers, no pueden quedar registrados para que sirvan de información y poder conocer las causas de los problemas.

- En la medida que se tenga una mejor información sobre el proceso se podrá hacer un mejor control y ofrecer como resultado un agua de enfriamiento con una temperatura adecuada para los debidos procesos.

- Temperatura Agua Fria Chillers
- Temperatura Agua Caliente Chillers
- Temperatura Agua Caliente Planta #3
- Temperatura Agua Caliente Imec
- Temperatura Agua Caliente Planta 1&2

Con la anterior información nos damos cuenta que la compañía Centelsa cuenta con esta problemática desde aproximadamente 12 años.

### 3.1 ESTUDIO DEL PROBLEMA A RESOLVER

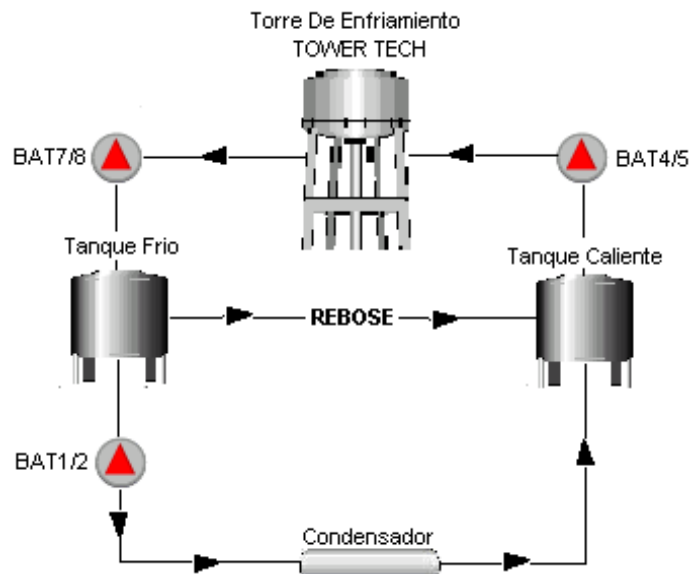
El sistema de enfriamiento de Centelsa esta conformada básicamente por 3 módulos principales, los cuales entregan como resultado un agua fría chillers a temperatura entre 14 a 16C, la cual es utilizada en las canaletas de las extrusoras y los intercambiadores de calor en las trefiladoras para enfriar el cable después de pasar por su debido proceso para ser embobinado y distribuido, este sistema de intercambio de temperatura (enfriamiento) se realiza por medio de unos equipos denominados chillers, a continuación se describe cada uno de los módulos que conforman este sistema de enfriamiento:

Además el principal problema a resolver, esta involucrado directamente con la torre de enfriamiento ya que es en esta donde se desea realizar control por temperatura, logrando de esta manera alternar el funcionamiento de los 4 ventiladores que la conforman.

**3.1.1 Modulo circulación de agua fría de la torre.** El modulo 1 estas conformado por la torre de enfriamiento marca Tower Tech TTMT-288-119, la cual es la encargada de enfriar el agua que ha sufrido un calentamiento sensible durante el proceso, y en este caso se requiere reutilizar, 2 motobombas centrifugas de marca Halberg Nowa modelo 10020 las cuales se encuentran acopladas a un motor trifásico de 18Hp llamadas en diagrama de flujo BAT7/8 las cuales son utilizadas como bombas de distribución de agua fría de la torre, 2 tanques de agua fría de la torre en los cuales es depositada el agua fría que sale de la torre después de pasar por el proceso de enfriamiento, 2 motobombas centrifugas de marca Halberg Nowa modelo 10020 las cuales se encuentran acopladas a un motor trifásico de 18Hp a 1765 Rpm, llamadas en el diagrama BAT1/2 las cuales son utilizadas como medio para circular el agua fría de la torre por medio del condensador y posteriormente esta se encarga del llenado de los tanque calientes de la torre, 2 tanques de agua caliente de la torre, en los cuales se deposita el agua caliente de la torre después de circular por medio del condensador, 2 motobombas centrifugas Halberg Nowa modelo 10026 las cuales

se encuentran acopladas a un motor trifásico de 24Hp a 1750 Rpm, llamadas en el diagrama BAT4/5 la cuales son utilizadas para llevar agua caliente hacia la torre de enfriamiento y posteriormente continua el ciclo.

Figura 1. Modulo 1 sistema de enfriamiento centelsa



En el capítulo 7 se describe el funcionamiento de cada uno de los elementos principales que conforman el modulo 1 del sistema de enfriamiento de Centelsa, los cuales son:

- Las bombas distribuidoras de agua – Bombas centrifugas Halberg Nowa 3213....25032
- La torre de enfriamiento TOWER TECH
- El condensador

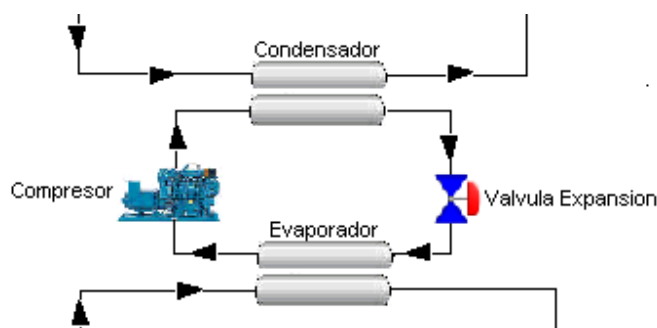
**3.1.2 Modulo Sistema Centralizado de Agua (Chillers).** El sistema centralizado de agua (chillers), esta conformado por 4 elementos principales, los cuales generan como resultado agua a temperaturas de aproximadamente 7C y 14C, y regresa a 12C o 18C.

Los elementos principales son: el evaporador, el condensador, el elemento expansivo o válvula de expansión, y el compresor. La unidad absorbe el calor generado por el sistema en general después de cumplir con el debido proceso de

enfriar el cable a través de las canaletas de cada una de las extrusoras de la compañía por medio del evaporador que es un intercambiador de calor donde circula agua fría por un lado, y refrigerante por el otro.

El agua sale del evaporador a aproximadamente 7C a 14C, y regresa de 12C a 18C, este ultimo diferencial de temperatura, se debe a la absorción de la carga térmica del proceso en la compañía. El gas refrigerante sale del evaporador hacia el compresor que aumenta su presión para llevarlo al condensador, donde el refrigerante se condensa en un intercambiador de calor, que puede utilizar agua o aire como medio de condensación.

Figura 2. Esquema de unidad enfriadora de agua (chillers).



Cuando se hace una selección en el equipo a utilizar se debe tomar en cuenta que los equipos enfriados por agua son mas eficientes que los enfriados por aire, pero se debe analizar el sistema completo, ya que al sistema de enfriamiento por agua tiene que agregársele el consumo eléctrico de los ventiladores de la torre de enfriamiento y el de las bombas de agua de condensación.

El componente que consume la mayor parte de la energía de una unidad enfriadora de agua (Chillers), es el compresor, ya que para este sistema de la central de enfriamiento de Centelsa se utilizan 5 compresores de 50HP.

**3.1.3 Modulo de distribución de agua fría chillers.** Este modulo esta conformado por 4 tanques, los cuales están distribuidos de la siguiente manera:

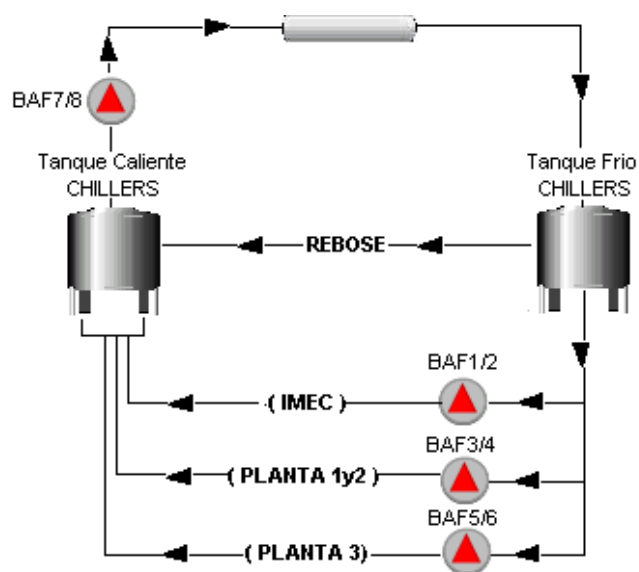
- 2 tanques de agua fría chillers (agua de suministro para cada una de las plantas de la compañía).
- 2 tanques de agua caliente chillers (agua de retorno de cada una de las plantas después de cumplir con su debido proceso).



Se utilizan 4 bombas para la distribución de agua fría chillers, la cual es utilizada en cada una de las plantas:

- 6 bombas de 4.8 HP (Bombas centrifugas Halberg Nowa 3213....25032, BAF7/8, BAF1/2, BAF3/4).
- 1 bomba de 18 HP (Bombas centrifugas Halberg Nowa 3213....25032, BAF5/6).

Figura 3. Modulo de distribución de agua fría chillers



### 3.2 REQUERIMIENTOS DE LA EMPRESA

La empresa requirió la obra de ingeniería completa, es decir, el diseño del hardware, del software, la instalación del tablero de control y potencia, la selección de equipos, la reestructuración del sistema electromecánico y la interconexión del gabinete a los elementos de campo.

CENTELSA requirió del practicante la dedicación entera a la solución del problema según las condiciones descritas anteriormente.

Los requerimientos planteados inicialmente por la empresa fueron:

Tabla 1. Necesidades planteadas por el cliente.

	<b>Identificación de las Necesidades</b>
<b>01</b>	Implementación por medio equipo de adquisición de datos DAS_8000
<b>02</b>	El sistema monitoreado y manejo de históricos por medio de software Proasis-DCS Win
<b>03</b>	Implementación PLC MicroLogix 1500 de Allan Brayle
<b>04</b>	El sistema debe aceptar futuras mejoras sin alterar el programa del PLC
<b>05</b>	Estrategia de control basada en control por temperatura
<b>06</b>	El sistema debe general señales ante algún evento (alarmas)
<b>07</b>	El sistema debe interactuar con el usuario
<b>08</b>	El sistema debe ser estéticamente agradable
<b>09</b>	Diseño de planos tablero de control y protecciones
<b>10</b>	El sistema debe ser de fácil ajuste e instalación al mantenimiento
<b>11</b>	El sistema debe ser seguro
<b>12</b>	El sistema debe ser de fácil manejo
<b>13</b>	El sistema debe de ser confiable

## **4. JUSTIFICACION**

La compañía Centelsa espera que el nuevo sistema diseñado permita obtener un ahorro de energía considerable en el sistema en general sin alterar el desempeño óptimo de la central de enfriamiento de centelsa, ya que de este proceso depende en gran parte la producción total de la compañía, logrando mantener históricos durante 30 días de las diferentes variables que intervienen en el proceso, obteniendo como resultado información detallada que sirva para poder conocer las causas de posibles fallas.

Por otra parte la compañía espera reemplazar el tablero de control de la torre de enfriamiento, y bombas de distribución teniendo en cuenta todas las posibles fallas que pueda tener el sistema, control manual, automático y protecciones necesarias.

En la actualidad la empresa Centelsa tiene un consumo permanente en la torre de enfriamiento de 23Kw/h ya que los ventiladores con que trabaja se encuentran en continuo funcionamiento las 24 horas del día, y las bombas distribuidoras de agua fría chillers para cada una de las plantas de la compañía no tienen ninguna clase de control dependiendo el nivel de producción de la compañía.

Al desarrollar este sistema de monitoreo y control de los ventiladores de la torre de enfriamiento y bombas distribuidoras de agua fría chillers para cada una de las plantas de la compañía, existen diversos beneficios que se mencionaran a continuación:

### **4.1 LA EMPRESA**

Es la que se ve directamente beneficiada, debido a que por medio de este proyecto va a lograra disminuir costos indirectos de fabricación. Además, la empresa lograría tener un sistema mucho más eficiente de tratamiento de aguas utilizadas en sus diferentes procesos. Lo cual teniendo como consecuencia un mayor reconocimiento a nivel nacional.

Desarrollando este sistema de monitoreo y control para la torre de enfriamiento y equipos chillers de centelsa Cali, lograríamos tener un considerable ahorro de energía en este proceso ya que actualmente no cuenta con ninguna clase de control en cuanto a temperaturas de operación de cada uno de sus tanque, ni dependiendo el nivel de producción de cada una de sus plantas, esto teniendo como consecuencia un consumo permanente del sistema de enfriamiento de

23KW/h, al desarrollar la solución lograríamos tener el mismo sistema con un ahorro de energía de un 30% ya que :

- **Consumo Energia Torre De Enfriamiento Sistema Actual**

Tabla 2. Consumo de energía permanente en la torre de enfriamiento

	Kilowatio*Hora	Kilowatio*Día	Kilowatio*Mes
Consumo	23	552	17,112
Pesos	3.910	93.840	2.909.040

Al llevar acabo un estudio detallado en la central de enfriamiento de la compañía acerca de las diferentes temperaturas de cada unos de los tanques, registrando temperaturas las 24 horas del día con frecuencia de grabación de 3 minutos, se logro obtener una estadística correspondiente al comportamiento del sistema durante 30 días.

En los siguiente cuadros podemos observar las temperaturas promedio durante horas y temperaturas promedios durante días, la información fue caracterizada dependiendo cada uno de los tanque de la central de enfriamiento.

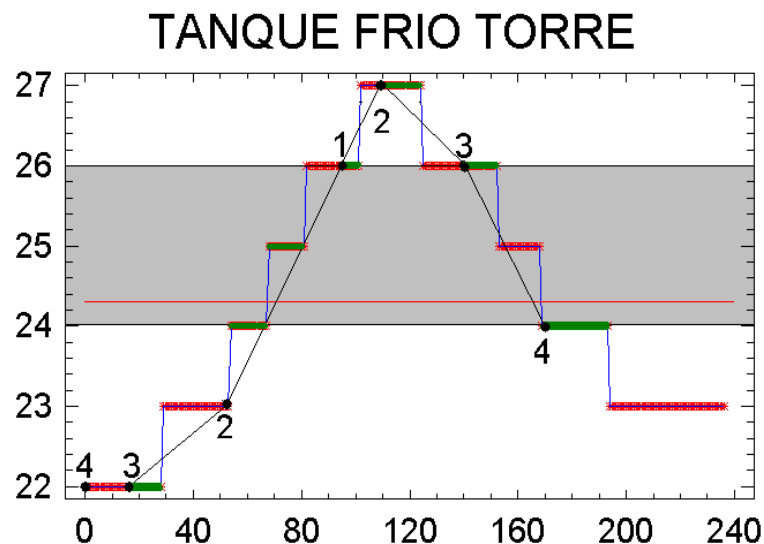
Con base a la información recolectada durante 30 días y la información brindada por los operarios del sistema se obtuvieron los siguientes resultados:

En condiciones ideales la torre de enfriamiento TOWER TECH recibe agua del sistema de enfriamiento proveniente del tanque de agua caliente de la torre a temperaturas que varían desde 24C hasta 37C dependiendo el nivel de producción de la compañía, después de recibir el agua en este rango de temperaturas la torre de enfriamiento debe estar en la capacidad de procesar esta agua y entregarla a un rango de 24C a 26C.

Nuestra estrategia de control se basa en lograr disminuir el consumo de energía proveniente de los cuatro ventiladores que conforman la torre ya que estos están en continuo funcionamiento los 7 días de la semana las 24 horas del día, al realizar un control dependiendo la temperatura de operación del tanque frío de la torre de enfriamiento lograríamos que la temperatura de este tanque siempre se mantenga en el rango de operación normal, sin alterar el desempeño del sistema en general, y de esta manera lograríamos tener control dependiendo el nivel de producción de la compañía ya que cuando todas las maquinas de la compañía se encuentran encendidas este factor se vera reflejado en el tanque de agua caliente de la torre y cuando la producción se encuentre en un nivel bajo la temperatura de este tanque estará por debajo de los 27C.

Se realizó un estudio detallado del comportamiento del sistema al ir apagando ventiladores de la torre y de esta manera se obtuvo el tiempo de respuesta del sistema:

Figura 4. Grafica respuesta del sistema en el tanque frío torre



Al empezar a realizar pruebas, la temperatura del tanque de agua fría de la torre se encontraba en 22C, se apaga un ventilador de la torre de enfriamiento TOWER TECH, después de 38 minutos la temperatura del tanque de agua fría se incremento de 22C a 23C, y permaneció constante durante 1:12 minutos.

Después de que la temperatura estuvo constante durante 1:12 minutos, se apago el segundo ventilador de la torre, y el tiempo para que la temperatura se incrementara en otro grado es decir 24C fue de 39 minutos y esta temperatura se mantuvo durante 38 minutos.

Al mantenerse la temperatura del tanque de agua fría en 24C se apago el tercer ventilador en la torre de enfriamiento y el tiempo para que la temperatura se incrementara en otro grado fue de 21 minutos, y se mantuvo durante 20 minutos.

Al empezar a agregar ventiladores al sistema y de esta manera lograr llevar la temperatura del tanque de agua fría a sus condiciones iniciales de pruebas la cual fue de 22C, se obtuvo los siguientes resultados:

Al encender el 2 ventilador de la torre el tiempo para que la temperatura disminuyera de 27C a 26C es decir en un grado fue de 01:06:47 minutos, después de agregar el tercer ventilador el tiempo para disminuir otro grado fue de 30

minutos, y se mantuvo es este valor durante 42 minutos, al encender de nuevo todos los ventiladores al sistema de enfriamiento el tiempo en disminuir otro grado hasta alcanzar la temperatura de 23C fue de 01:12:47 minutos.

Al realizar las diferentes pruebas se llego a la conclusión de que el tiempo de respuesta del sistema al ir apagando los ventiladores es muy lento, se realizara control al tanque de agua fría manteniendo la temperatura en el rango de operación normal de la torre de enfriamiento la cual es de 24 a 26C.

Cuando la temperatura de el tanque de agua fría de la torre se encuentre por debajo de 24C se tomara la decisión de apagar un ventilador de la torre de enfriamiento TOWER TECH y se activara un tiempo, al concluir este tiempo se volverá a chequear las entradas del sistema y si la temperatura del tanque sigue estando por debajo de los 24C se tomara la decisión de apagar otro ventilador y activar otro tiempo, después de concluido este tiempo y si la temperatura de este tanque se ha incrementado y se encuentra ahora en el rango de operación normal de la torre la cual es de 24 a 26 C se activara un tiempo y no se realizara ninguna acción, al cumplirse este tiempo y si la temperatura de tanque de la torre se encuentra por encima de 26C se empezara a encender ventiladores al sistema y se activara otro tiempo, de esta manera garantizamos que la temperatura del sistema en general siempre este en el rango de operación normal.

Al lograr dejar por lo menos un ventilador apagado durante todo el día o parte de este se lograría tener un ahorro del 25% en el sistema actual.

Teniendo un ahorro de 25% en el sistema lograríamos:

Tabla 3. Estimación de beneficio costo

	Pesos	-25%
Kwh. (kilowatio – mes) ahorrado	2.909.040	727.260
Valor inversión	19.610.000	19.610.000
tiempo recuperación inversión mes		26

La compañía lograría obtener un beneficio costo en 26 meses, es decir en 26 meses se lograría obtener la totalidad de la inversión inicial del proyecto asumiendo que con el sistema a diseñar se lograra tener por lo menos un ventilador apagado durante un mes.

El sector mas beneficiado al desarrollar este nuevo sistema será el sector tecnológico, y el sector social que labora en la compañía, ya que se lograra mantener la producción constante disminuyendo costos indirectos en la fabricación de diferentes tipos de cable que se elaboran en la compañía, además en la actualidad los sistemas de enfriamiento de diferentes compañías no poseen

control por temperatura para los ventiladores de la torre de enfriamiento, ni bombas distribuidoras de agua fría chillers, teniendo como consecuencia el continuo funcionamiento de los ventiladores asociado ala torre de enfriamiento.

**4.1.1 Autor del Proyecto.** El beneficio para la persona que desarrolla el proyecto en cuanto a la oportunidad de afianzar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, además de ser este un medio para optar al titulo de Ingeniero Electrónico.

**4.1.2 La Universidad.** Con el desarrollo de este tipo de proyectos, se incentiva a los estudiantes de últimos semestres a afianzar sus conocimientos adquiridos durante su formación académica, y ayudan a satisfacer algunas necesidades que actualmente presentan muchas industrias.

Con el desarrollo de este tipo de proyectos, se incentiva a los estudiantes de últimos semestres a afianzar sus conocimientos adquiridos durante su formación académica, y ayudan a satisfacer algunas necesidades que actualmente presentan muchas industrias.

En general, es muy importante el desarrollo de proyectos a nivel industrial y de automatización en la medida en que se fomenta a la industria a adquirir tecnología a nivel nacional (pues importar maquinaria resulta muy costoso), y por lo tanto, se le da oportunidad a estudiantes que aunque no poseen un grado de experiencia alto, tienen el conocimiento, ganas y disciplina necesarias para desarrollar proyectos a nivel industrial.

**4.1.3 Solución y Propuesta.** Como se explico anteriormente, el sistema de enfriamiento de centelsa presenta muchos problemas ya que carece de un sistema de control y monitoreo para cada uno de los tanques que lo conforman, además este sistema solo cuenta con un control manual para la torre de enfriamiento el cual tiene como función apagar y prender cada uno de los ventiladores que conforman la torre de enfriamiento TOWER TECH, y control manual para cada una de las bombas las cuales tienen como finalidad llevar el agua ya fría al tanque de agua fría de la torre el cual se encuentra a 200m de la torre de enfriamiento.

Como se explico anteriormente, el sistema de enfriamiento de centelsa presenta muchos problemas ya que carece de un sistema de control y monitoreo para cada uno de los tanques que lo conforman, además este sistema solo cuenta con un control manual para la torre de enfriamiento el cual tiene como función apagar y prender cada uno de los ventiladores que conforman la torre de enfriamiento

TOWER TECH, y control manual para cada una de las bombas las cuales tienen como finalidad llevar el agua ya fría al tanque de agua fría de la torre el cual se encuentra a 200m de la torre de enfriamiento.

Además este sistema contaba con la problemática de no contar con ninguna clase de control de nivel para los tanques, por esta razón el operario de turno debía realizar una rodas por turno para controlar una posible falla en el nivel de tanques, los ventiladores de la torre de enfriamiento se encontraban trabajando las 24 horas del día los 7 días a la semana con un consumo permanente de 23KW\*h.

Para solucionar estos problema se implementara un sistema de control por temperatura para el tanque de agua fría de la torre, ya que este tanque es el de agua fría de salida del sistema, por medio de un modulo de adquisición de datos DAS\_8000 de desin instruments (ver figura 9) y un PLC MicroLogix 1500 de la marca ALLEN BRADLEY (ver figura 8), como elemento principal, el cual se encarga de chequear el estado de las señales de entrada brindadas por los sensores de nivel y el modulo de adquisición de datos DAS\_8000.

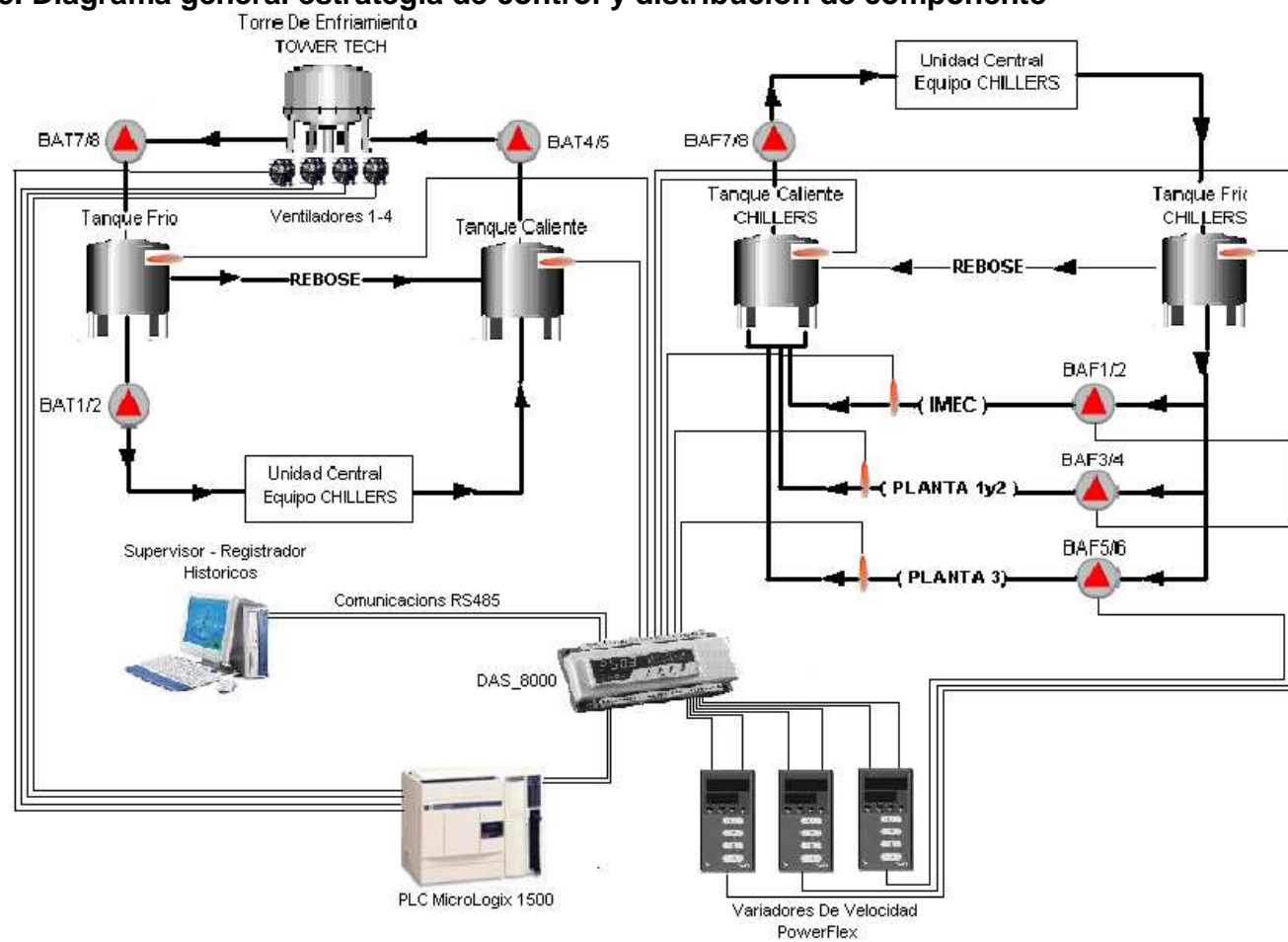
Por medio del modulo de adquisición de datos DAS\_8000 se implemento el control por temperatura, este dispositivo se programo referente al sensor de temperatura ubicado en el tanque de agua fría de la torre, ya que es este tanque es la salida de la torre de enfriamiento y por esta razón se decide tomar como referencia los cambios de temperaturas en este tanque, después de analizar toda la información arrojada durante el estudio sobre las diferentes temperaturas que estaba sometido el sistema de enfriamiento durante las 24 horas del día se decide seguir una estrategia de control sobre el tanque de agua de salida de la torre de enfriamiento.

Ya que para realizar control por temperatura sobre el tanque de agua fría de salida de la torre, se utilizaran solo 2 salidas del modulo de adquisición de datos DAS\_8000, se decide realizar por medio de este modulo el control para los variadores de velocidad POWER FLEX los cuales controlaran los motores asociados a las bombas distribuidoras de agua fría chillers para cada una de las plantas de la compañía.

Se toma esta decisión de realizar completamente el control y el monitoreo a través de este modulo de adquisición de datos DAS\_8000, ya que se podrá tener un supervisor completamente monitoreando permanentemente con todas las variables involucradas en el proceso de enfriamiento de centelsa, ya que en las entradas digitales del modulo DAS\_8000 se conectaran los respectivos sensores de nivel y de esta manera se podrá observar en el supervisor el estado actual de cada ellos.



**Figura 5. Diagrama general estrategia de control y distribución de componente**



## 5. METODOLOGÍA

- Inicialmente hacer las respectivas investigaciones acerca del proceso.
- Manejo de equipo de adquisición de datos DAS\_8000 desin instrument
- Diseñar el supervisor con todas las variables que intervienen en el proceso en tiempo real, permitiendo el manejo de históricos durante 30 días de esta manera lograr tener estadísticas del proceso, implementación por medio del software PROASIS DCS-WIN V.3.55 para modulo de adquisición de datos DAS\_8000 (Desin instruments), registrando continuamente las 24 horas la temperatura de cada uno de los tanques que conforman el sistema de enfriamiento de CENTELSA-CALI.
- Búsqueda de bibliografía acerca de las características de operación de cada uno de los elementos que interviene en el proceso como lo son:
  - Sistemas de enfriamiento por medio de equipos chillers
  - Motores trifásicos
  - Motobombas centrifugas – Halberg – nowa
  - Torre de enfriamiento Tower Tech
  - Variadores de velocidad
- Realizar las respectivas pruebas durante 30 días para verificar las diferentes temperaturas de operación de cada uno de los tanque ha diferentes horas del día y dependiendo el nivel de producción de la compañía, (recolección de datos durante 4 semana las 24 horas).
- Recolectar datos tomando como referencia la temperatura de cada tanque a estar en funcionamiento los 4 ventiladores de 3HP marca lincolin de la torre de enfriamiento, de esta manera ir tomando históricos de temperaturas al encender y apagar cada uno de estos ventiladores, así logramos tener un estudio detallado de las diferentes variaciones de temperaturas y tiempo de respuesta del sistema, y consecuencias reflejadas en los demás tanques.
- Realizar un estudio detallado con toda la información recolectada. De esta manera desarrollar la respectiva programación del modulo adquisición de datos DAS\_8000 desin instrument.
- Realizar las respectivas investigaciones acerca del programa Rslogix500, para ser utilizado en la programación del controlador. Utilizando el manual de usuario y

el archivo de ayuda del software se desarrollaran programas de prueba. Esto permitirá conocer todas las instrucciones o al menos las más necesarias y útiles para efectos del proyecto en particular. Esta etapa se dividió en secciones de programación, como continuación se muestra:

Arranque de motores con temporización de 5 segundos, encendido uno a uno al inicio del ciclo.

- Control por temperatura tomando como referencia la temperatura de tanque de agua fría de salida de la torre, y de esta manera se toma la decisión de apagar o agregar ventiladores al sistema.
- Control por nivel para cada uno de los tanques (nivel alto, y nivel bajo).
- Rutina de selección de bombas distribuidoras de agua fría de la torre de enfriamiento, (por efectos de mantenimiento y posibles fallas en alguna de ellas BAT7/8).
- Diseñar e implementar la programación del PLC Micrologix 1500 y variadores de velocidad para cada una de las bombas alimentadoras de agua fría chillers a cada una de las plantas de la compañía (planta1y2, planta3, IMEC).
- Diseñar planos eléctricos del sistema, y realizar pupitre del operario aplicando la guía GEMMA.
- Diseño de gabinete de control, Se trasladaron los planos en limpio al taller de mantenimiento eléctrico planta 1 de centelsa, y se hizo la implementación del diseño en un gabinete.
- Y finalmente se procedera a la etapa de la elaboración del documento final y sustentación del mismo, el cual se dejara una copia en la compañía con toda la información detallada acerca de cómo se elaboró este proyecto, además se brindara una charla en la cual participaran todos los ingenieros que laboran en la sección de mantenimiento eléctrico planta 1, en la cual se les dará una capacitación acerca de cómo configurar el equipo DAS\_8000 y del manejo del software de gestión Proasis DCS Win\_3.55, logrando así de esta manera que todo el personal que labora en esta sección de la compañía esta en la capacidad de configurar el equipo por posibles fallas.



## 6. MARCOS DE REFERENCIA

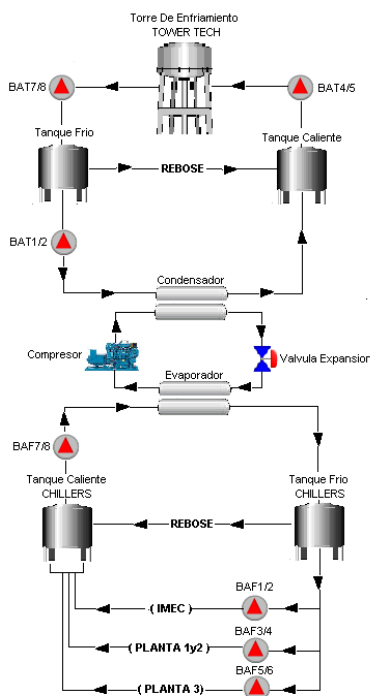
### 6.1 MARCO TEÓRICO

En la actualidad muchas empresas de nivel local, nacional e internacional trabajan con sistemas de torres de enfriamiento y equipos chillers, en muchas de estas empresas estos sistemas operan por medio de sistemas modulares es decir:

Los equipos chillers trabajan por medio de un control por módulos en cuanto a los compresores, el cual tiene como finalidad alternar el trabajo de cada compresor dependiendo la temperatura de salida del sistema, pero en cuanto a la problemática de se plantea no se encuentra información en cuanto a desarrollo a control por medio de temperatura de cada uno de los tanques, y de esta manera lograr desarrollar control en los 4 ventiladores que posee la torre de enfriamiento.

El sistema de enfriamiento que utiliza CENTELSA en la actualidad esta conformado de la siguiente manera:

**Figura 6.** Diagrama general sistema de enfriamiento centelsa



El sistema de enfriamiento de centelsa Cali esta conformado por 4 tanques, los cuales están distribuidos de la siguiente manera:

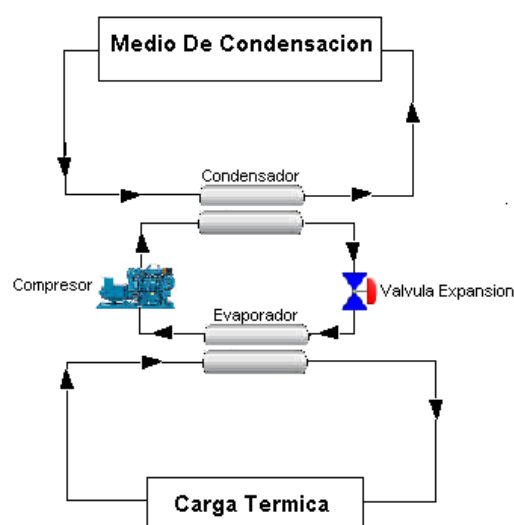
- 1 tanque calientes de agua la torre
- 1 tanque de agua fría de la torre
- 1 tanque de agua fría chillers
- 1 tanque de agua caliente chillers
- compresores de 50HP
- 1 torre de enfriamiento TOWER TECH
- 14 bombas distribuidoras

Este sistema es conocido como sistema de agua helada, y consiste en una unidad central o mas que genera agua a temperaturas de aproximadamente 12C, la cual es distribuida por medio de tuberías a distintas canaletas para cada una de las extrusoras de la compañía.

Estas unidades están compuestas por cuatro elementos principales que son: el evaporador, el condensador, el elemento expansivo o válvula de expansión, el compresor. La unidad absorbe el calor generado por el tanque de agua caliente chillers que depende la producción de las plantas de la compañía como lo son:

- IMEC:
- Planta 1y2
- Planta 3:

Figura 7. Esquema de unidad central chillers



Por medio del evaporador que es un intercambiador de calor donde circula agua fría por un lado, y refrigerante por el otro. El agua sale del evaporador a aproximadamente 12C, y regresa de 16 a 22C. Este último diferencial de temperatura, se debe a la absorción de la carga térmica de la compañía, el gas refrigerante sale del evaporador hacia el compresor que aumenta su presión para llevarlo al condensador, donde el refrigerante se condensa en un intercambiador de calor, que puede utilizar agua o aire como medio de condensación.

El sistema por medio de los compresores y el condensador retornan agua caliente al tanque de agua caliente de la torre, la temperatura del tanque caliente torre depende del nivel de producción de la compañía y en cuanto al numero de compresores que se encuentren trabajando ya que este sistema esta controlado por un sistema modular diseñado por la firma Ingemel, al pasar esta agua por la torre de enfriamiento TOWER TECH se obtiene como resultado agua fría de la torre, después de estar en este proceso el agua fría de la torre pasa por el evaporador y de esta manera obtenemos agua fría chillers la cual es utilizada en las diferentes plantas de la compañía, cada una de las plantas de la compañía retornan agua caliente chillers la cual es depositada en el tanque de agua caliente chillers, esta agua es depositada de nuevo por el evaporador y de esta manera se completa el ciclo completo al que constantemente esta el sistema de enfriamiento.

## 7. DESCRIPCION DE HARDWARE UTILIZADO

Para el desarrollo de este sistema automático para la torre de enfriamiento Tower Tech, implicó el uso de equipos electrónicos y eléctricos. El sistema principal para la adquisición de datos se utilizó un equipo llamado DAS\_8000 fabricado por la empresa española desing instrument, para la parte de control tanto para entradas y salidas se utilizó un PLC Micrologix 1500 fabricado por Allen Bradley, el cual es el encargado de controlar los dispositivos conectados en sus salidas de acuerdo a las señales que proporcionan los dispositivos conectados en sus entradas.

Además de PLC y del módulo de adquisición de datos DAS\_8000, forman parte del sistema: termopares tipo J, sensores de nivel tipo bolla, fuente de voltaje, módulo de expansión de I/O ref.: 1769-IQ6XOW4, selectores de 2 y 3 posiciones, resistencias, contactores, guardamotores, térmicos, contactos auxiliares, borneras de conexión, indicadores pilotos.

### 7.1 PLC MICROLOGIX 1500

El PLC Micrologix 1500 marca Allen Bradley es el dispositivo principal del sistema de control que se implementó para realizar control por temperatura para la torre de enfriamiento Tower Tech (ver figura 5). Fueron varias las razones por las cuales se seleccionó este dispositivo lógico programable, una de ellas es su muy buena calidad, fácil comercialización, por otro lado brinda la posibilidad de toda una gama de posibilidades de desarrollo del sistema, que se logra agregando diversos módulos de expansión de salidas, entradas o combinadas como es el caso de la Ref.: 1769 - IQ6XOW4.

Por motivos de selección de materiales y equipos la compañía centelsa (Cables De Energía y Telecomunicaciones S.A.), ya contaba con algunos equipos para la elaboración de este proyecto desde hace 2 años atrás, este es el caso de el PLC Micrologix 1500 y módulo de adquisición de datos DAS\_8000 de desing instrument, por este motivo la empresa se limitó a usar un equipo Siemens, cuya ventaja es ser más económico. En la selección de análisis y resultados se realizó una comparación entre dos PLC's de diferente fabricante utilizados comúnmente en ambientes industriales; el PLC Allen Bradley Micrologix 1500 (ver tabla 5) **y el PLC Siemens Simatic S7-200 CPU 214 (ver Anexos A.4).**



Figura 8. Micrologix 1500 con procesador 1764-24WBA



Fuente: UREÑA HERNANDEZ, Cristian. Automatización y modernización del proceso de fabricación de envases sanitarios en la línea FBB 202-211. Cartago, 2001. p.32. Trabajo de grado (Bachiller en ingeniería electrónica). Instituto tecnológico de costa rica.

En la tabla 6.1 se muestra las especificaciones técnicas generales referentes a la unidad base Micrologix 1500 y el procesador LRP Ref.: 1764-24BWA utilizado. El Micrologix 1500 es uno de los PLC más completos de la familia Micrologix de Allen Bradley para esta gama. Este dispositivo lógico programable PLC soporta hasta 14K de memoria de usuario (total de programa de usuario mas datos).

Elementos de datos: estructura de archivos definida por el usuario, configurable, max. Tamaño de datos 4K.

Rendimiento efectivo: 1ms (para un programa de usuario de 1K palabras).

Base con E/S incorporadas y puerto de comunicación RS 232 (min. DIN de 8 pines).

La instalación del equipo se realiza de forma fácil ya que puede ser montado en un riel DIN con solo empujarlo o halar el cierre. Este PLC posee dos puertos para interfaz, uno DB-9 RS232 y otro mini DIN de 8 pines, los cuales pueden ser programados para comunicarse con dispositivos periféricos vía protocolo DH-485, DF1 Full-Duplex y Half-Duplex. Estas características le permiten a este PLC poseer una amplia conectividad con otros dispositivos vía Control Net por medio de dispositivos como módulos de interfaz de red (1761-NET-DNI). Por otra parte, este PLC se programa usando el software RSLogix 500 el cual se describirá mas adelante.

El Micrologix 1500 es ideal para aplicaciones de alta velocidad, por ejemplo el tiempo de barrido típico es de menos 1 ms por 1K de programa de usuario. Tiene además 2 contadores de alta velocidad, cada uno con 8 módulos diferentes de

programación, así como dos salidas de alta velocidad que pueden ser configuradas como salidas de tren de pulsos (PTO) o como modulador de ancho de pulso (PWM), útil en el control de velocidad de motores. A este PLC pueden agregarse hasta ocho módulos de expansión conectados en forma directa. Si esto no fuese suficiente, el Micrologix 1500 brinda la posibilidad de crear un segundo banco de módulos de expansión usando un cable de expansión (1769-CRR), y agregando simplemente una fuente externa de poder.

Tabla 5. especificaciones generales de la unidad base Micrologix 1500

<b>Descripción</b>	<b>1764-24BWA</b>
Numero de E/S	12 entradas/ 12 salidas
Alimentación	120/240 VCA
Espacio para programa de usuario/datos	10 K/4 K (max) Configurable
Registro de datos/ almacenamiento de recetas	48 kB
<b>E/S</b>	
Hasta 32	Incorporado con exp. Loc.
Hasta 128	Incorporado con exp. Loc.
Hasta 256	Incorporado con exp. Loc.
<b>Funciones adicionales</b>	
Analógico	Expansión
Potenciómetros de ajuste	2
PID	Si
Contador de alta velocidad (entradas de 24 Vcc)	2 a 20 Khz.
Reloj en tiempo real	Si
Movim. Simple: anchura de imp. Modulador/sal. Tren impulsos	2 a 20 kHz (version FET de CC)
Control de un servo eje	A través de PTO (FET) incorporado
Herramienta de acceso a datos	Si
Matem. Pto flot. (coma flot.)	Si
<b>Software de programación</b>	
Windows – RSLogix 500 y RSLogix 500 Starter	Si
<b>Comunicaciones</b>	
Puertos RS-232	(1)-Mini DIN de 8 pines (1)- conect. D aisl. 9 pines
Comunic. Entre dispositivos similares/esclavos DeviceNet	Con 1761-NET-DNI
Escáner DeviceNet	Con 1769-SDN
Etehernet	Con 1761-NET-AIC
MODEM de radio DF1 Half-Duplex	Si

maestro/esclavo	
Modbus RTU	Maestro/esclavo
<b>Certificaciones</b>	Listado cULus, CE, clase I Div. 2

Fuente: UREÑA HERNANDEZ, Cristian. Automatización y modernización del proceso de fabricación de envases sanitarios en la línea FBB 202-211. Cartago, 2001. p. 32. Trabajo de grado (Bachiller en ingeniería electrónica). Instituto tecnológico de costa rica.

En la tabla se puede observar la función de las entradas y salidas las cuales se utilizaron en el PLC Micrologix 1500 en el sistema de enfriamiento de centelsa.

Tabla 6. Distribución de entradas definidas en el PLC

<b>Entrada (I/O)</b>	<b>Función</b>
0.STOP _PARO DE EMERGENCIA	Bloque el sistema paro de emergencia
1.START	Inicio de secuencia automática
2.RANGO_1	Código entregado a través del DAS_8000
3.RANGO_2	Código binario entregado por el DAS_8000
4. NIVEL_ALTO_TF	Sensor de rebose tanque frío torre
5. NIVEL_ALTO_TC	Sensor de rebose tanque caliente torre
6.NIVEL_TORRE	Sensor de nivel ubicado en torre de enfriamiento
7. SEÑAL_WARRI	Señal de warri proveniente de la torre
8. SELECTOR_1	Selección de bomba BAT7
9. SELECTOR_2	Selección de bomba BAT8
10. DISPARO_BAT7/8	Disparo térmico de bombas BAT7/8
11. DISPARO_VENTIL	Disparo térmico de los ventiladores

Tabla 7. Distribución de salidas definidas en el PLC

<b>Salidas (O/O)</b>	<b>Función</b>
0. VENTILADOR_1	Señal de On ventilador 1
1. VENTILADOR_2	Señal de On ventilador 2
2. VENTILADOR_3	Señal de On ventilador 3
3. VENTILADOR_4	Señal de On ventilador 4
4. BAT7	Señal de On bomba 7
5. BAT8	Señal de On bomba 8
6. BOMBA2	Señal de On bombas BAT1/2
7. BOMBA3	Señal de On bombas BAT4/5
8. ALARMA _ NIVELES ALTOS	Señal de alarma niveles altos
9. ALARMA TERMICOS BAT7/8	Señal de disparo por térmicos en bombas
10. ALARMA TERMICO VENTIL	Señal de disparo por térmicos en ventilador
11. ALARMA NIVELES BAJOS	Señal de alarma por niveles bajos

## 7.2 DAS\_8000

El modulo DAS\_8000 es un equipo de adquisición de señales analógicas y digitales, que pueden funcionar de forma autónoma o supervisada desde un sistema inteligente (ordenador, PLC, etc.).

Admite hasta 8 entradas analógicas configurables Pt-100, 0..4/20mA., 0..10/50mV y 8 tipos distintos de termopares provenientes de convertidores de 4/20 mA. No linealizados, (T, J, K, E, N, S, R y B).

Dispone de 8 entradas digitales para capturar datos lógicos (pulsadores de reconocimiento de alarmas, contactos, detectores de proximidad, etc.) y también dispone de 8 salidas digitales, pudiendo ser utilizadas como salidas de alarmas de las entradas analógicas, o gobernadas por medio de mando remoto por comunicación con la unidad central.

Figura 9. Equipo de adquisición de datos DAS\_8000



Fuente: Manual de instrucciones DAS-8000. 2.5 ed. Madrid: Desin – Instrument, 2005. p. 1.

El modulo DAS\_8000 dispone de frontal extraíble con display y teclado para monitorizar las medidas. También puede operar sin el frontal, pudiendo visualizarse los datos desde otros módulos DAS\_8000, a través del bus de comunicaciones o por el ordenador de supervisión.

La comunicación entre módulos DAS\_8000 se efectuó en norma RS-485, posibilitando la conexión de un máximo de 32 instrumentos en la misma línea de

comunicación (se puede llegar a 255 unidades usando reamplificadores o multiplexores de RS-485). Se consigue así una alta inmunidad frente a ruidos eléctricos y parásitos industriales.

Para la comunicación con el ordenador de supervisión se dispone de 1 port serie de selección:

- RS-232 para el caso que haya solo un DAS\_8000 a una distancia inferior a 15 metros.
- RS-485: si hay dos o más módulos DAS\_8000 en la red de comunicaciones, o para el caso de un solo DAS\_8000 a una distancia mayor de 15 metros (máximo 1200m).

Dispone de un segundo canal RS-232 específico para la conexión de una impresora serie. Por esta salida son enviados los datos y medidas en formato tabular para generar reportes impresos, bien de forma manual o automáticamente con un tiempo preestablecido.

La gestión de datos y medidas adquiridas por los módulos DAS\_8000, desde ordenador PC, utiliza el programa de software PROASIS DCS-Win, que es una aplicación SCADA bajo entorno Windows, formada por una serie de programas de configuración, supervisión y control para procesos industriales.

Básicamente existen 2 versiones:

- DAS\_8000: versión con Terminal extraíble, (display y teclado). Incluyendo software de gestión de datos PROASIS DCS-Win.
- DAS\_8000/ND: versión sin Terminal frontal, incluye, también, software de gestión PROASIS DCS-Win.

Opcionalmente, existen 2 adaptaciones de estos 2 modelos:

- DAS\_8000/AL: versión con 16 lazos de alarma, en vez de 8. todas sus características se mantiene iguales.
- DAS\_8000/AI: versión que dispone exclusivamente de las 8 entradas analógicas, no montando las entradas/salidas lógicas.

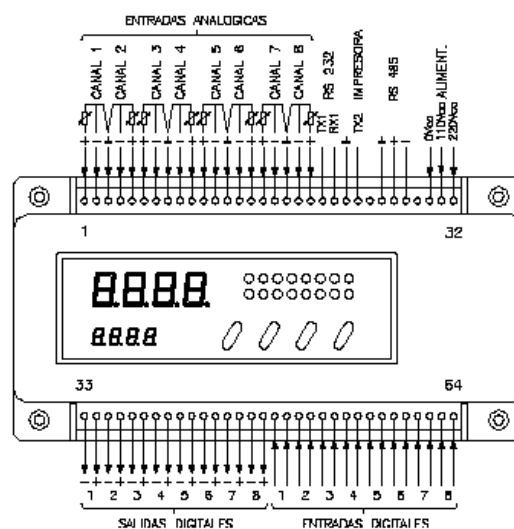
Además existen 2 conjuntos preparados con diferentes elementos:

- DAS\_8000/KE: Versión KIT DE EVALUACION. Incluye todo lo necesario para tener un equipo operativo en breves minutos para la evaluación de todas sus prestaciones. También, incluye el software PROASIS DCS Win preconfigurado.
- DAS\_8000/DEMO KIT: versión DEMO. Incluye dentro de una maleta específica aparte del modulo DAS\_8000, diferentes sondas, transmisores 4-20mA, pilotos luminosos, acústicos, etc.

Para una demostración practica de las posibilidades del DAS\_8000. También incluye el software PROASIS DCS Win preconfigurado.

**7.2.1 Borneras de conexión.** El modulo DAS\_8000 dispone, en su versión superior, de un Terminal multifunción extraíble, para monitorización de datos y configuración de parámetros, además dispone de 2 filas de bornes desenchufables para cables de 2mm. De diámetro máximo.

Figura 10. Bornes de conexión DAS\_8000



Manual de instrucciones DAS-8000. 2.5 ed. Madrid. Desin – Instrument. 2005, p 29.

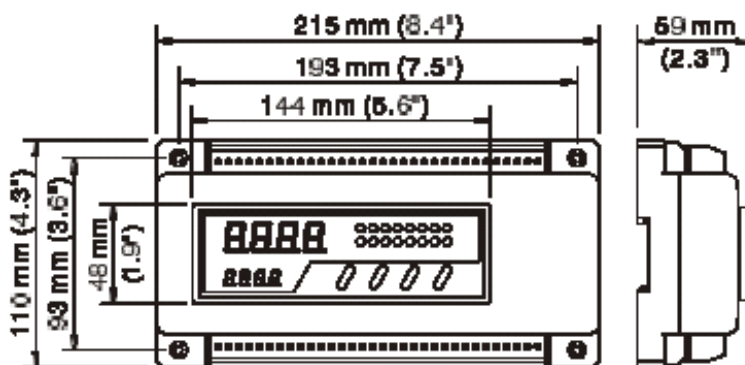
En la fila superior están las conexiones de las entradas analógicas, formadas por 8 bloques de dos bornes (+ y -) para mV o mA con shunt, compartiendo un tercer borne, centrado entre cada dos canales, para compensación de línea en entradas Pt-100.

Comporta además tres bloques de bornes para las comunicaciones y un bloque separado para la conexión a la red eléctrica.

En la fila inferior están las conexiones de las entradas y salidas digitales formando dos bloques de 8 canales con dos bornes cada uno.

- **Medidas y orificios en panel**

Figura 11. Medidas modulo DAS\_8000



Manual de instrucciones DAS-8000. 2.5 ed. Madrid. Desin – Instrument. 2005, p 35.

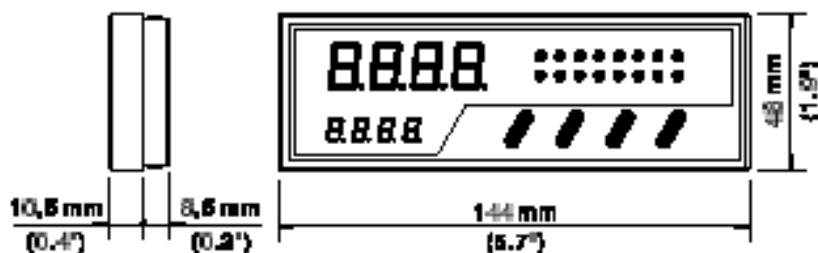
(Cotas en mm)

Caja en termoplástico autoextingible.

Peso del instrumento completo: 710 g

Peso del display separado: 76 g

Figura 12. Orificio panel



Fuente: Manual de instrucciones DAS-8000. 2.5 ed. Madrid. Desin – Instrument. 2005, p 35.

**7.2.3 Conexión de entradas digitales.** Las entradas digitales permiten detectar señales lógicas HI entre 12 a 48 voltios, indistintamente en tensión alterna o continua.

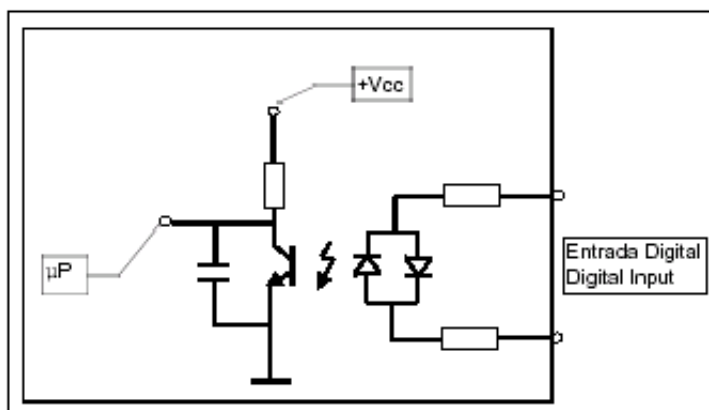
Tabla 8. Distribución de entrada digitales

Entrada Digital	Bornes
Entrada digital 1	49 50
Entrada digital 2	51 52
Entrada digital 3	53 54
Entrada digital 4	55 56
Entrada digital 5	57 58
Entrada digital 6	59 60
Entrada digital 7	61 62
Entrada digital 8	63 64

Fuente: Manual de instrucciones DAS-8000. 2.5 ed. Madrid. Desin – Instrument. 2005, p 38.

A continuación en la figura 13 se muestra el esquema eléctrico de las entradas digitales las cuales no tiene polaridad.

Figura 13. Esquema interno de conexión de entradas digitales



Fuente: Manual de instrucciones DAS-8000. 2.5 ed. Madrid. Desin – Instrument. 2005, p 38.

**7.2.4 Conexión de salidas digitales.** Las salidas digitales consisten en un transistor NPN en colector abierto optoaislado y libre de potencial, permitiendo conmutar cargas de 100 mA con tensión externa de 48V máximo.



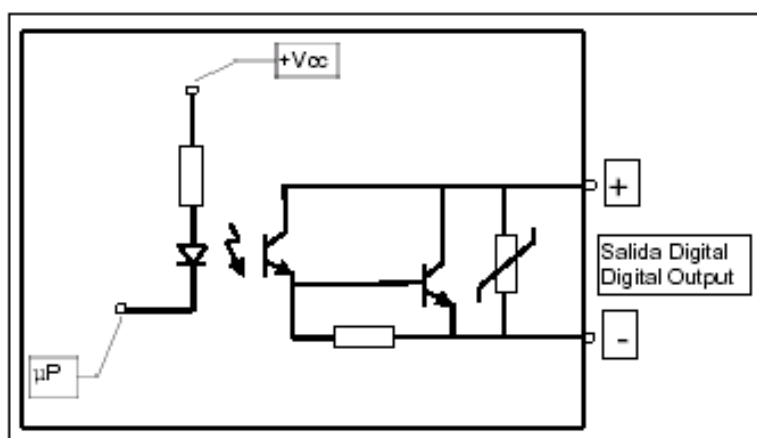
Tabla 9. Distribución de salidas digitales

Salidas Digital	Bornes
Salida digital 1	33=- 34=
Salida digital 2	35=- 36=
Salida digital 3	37=- 38=
Salida digital 4	39=- 40=
Salida digital 5	41=- 42=
Salida digital 6	43=- 44=
Salida digital 7	45=- 46=
Salida digital 8	47=- 47=

Fuente: Manual de instrucciones DAS-8000. 2.5 ed. Madrid. Desin – Instrument. 2005, p 38.

A continuación en la figura 14. se muestra el esquema eléctrico de las salidas digitales:

Figura 14. Esquema eléctrico de salidas digitales



Fuentes: Manual de instrucciones DAS-8000. 2.5 ed. Madrid. Desin – Instrument. 2005, p 39.

### 7.3 MODULO DE EXPANSION DE I/O DIGITALES

Se utilizo el modulo de expansión 1769-IQ6XOW4 para aumentar la cantidad de entradas y salidas digitales ya que este modulo ofrece 6 entradas digitales y 4 salidas digitales, pues el programa se excedía la capacidad tanto de entradas como salidas digitales del Micrologix 1500. En la figura 6.3 se puede observar una imagen del dispositivo mencionado.

Para agregar el modulo al PLC lo único que hacer es deslizar el modulo por las canales laterales que contiene el PLC, cuando el modulo de expansión se encuentra alineado con el PLC basta con correr la pestaña que se encuentra en la parte superior del modulo para fijar este al PLC (todos los módulos de expansión tienen esta pestaña). Sin embargo, cuando se agrega un modulo de expansión debe cerrarse el lazo de comunicación, agregando un modulo terminador.

Figura 15. Modulo de expansión de I/O Ref. 1769-IQ6XOW4



Fuente: UREÑA HERNANDEZ, Cristian. Automatización y modernización del proceso de fabricación de envases sanitarios en la línea FBB 202-211. Cartago, 2001. p. 30. Trabajo de grado (Bachiller en ingeniería electrónica). Instituto tecnológico de costa rica.

En la tabla 10. Se muestra las principales características técnicas del modulo de expansión Ref. 1769-IQ6XOW4. Es importante mencionar que una señal es activa cuando se encuentra entre 10 y 30 voltios, y esta apagada cuando se encuentra entre 0 y 5 voltios.

Tabla 10. Características técnicas del modulo de expansión Ref. 1769-IQ6XOW4

Entradas de CC (drenador/ surtidor)	24VCC
Salidas de rele de CA/CC	5..265 VCA 5..125 VCC
Numero de entradas	6
Numero de salidas	4
Máxima corriente por entrada	N/A
Máxima corriente por entrada	2.5 A
Máxima corriente por modulo para entradas	N/A
Máxima corriente por módulos para salidas	8 A
Consumo de corriente de bus (max) A 5 VCC. I/O	105 mA
Consumo de corriente de bus (max) A 24 VCC I/O	50 mA

Fuente: UREÑA HERNANDEZ, Cristian. Automatización y modernización del proceso de fabricación de envases sanitarios en la línea FBB 202-211. Cartago, 2001. p. 31. Trabajo de grado (Bachiller en ingeniería electrónica). Instituto tecnológico de costa rica.

En la siguiente (tabla 11) se puede observar la función para que se utilizaron las entradas y salidas del modulo de expansión Ref. 1769-IQ6XOW4.

Tabla11. Distribución de entradas/salidas de modulo de expansión

Entrada (I/O)	Función	Salida(O/O)	Función
0.NIVEL BAJO_TF	Sensor nivel bajo		
1.NIVEL_BAJO_TC	Sensor nivel bajo		
2.RECONOCIMIENTO	Reconocimiento paro de emergencia		

## 7.4 CONVERTIDOR DE INTERFAZ

Este convertidor de interfaz 1761-NET-AIC es un modulo que permite realizar un enlace de comunicación entre varios dispositivos en red. Para ello dispone de tres puertos a los cuales puede acoplarse tanto a PLC's como a dispositivos periféricos. En la figura 6.5 se muestra una imagen de este acoplador de interfaz.

El puerto 3 es usado para comunicar el PC con el modulo de adquisición de señales DAS\_8000 a larga distancia configurado vía RS-485. Los puertos 1 y 2 sirven para conectar los dispositivos cercanos al convertidor. En ambientes muy ruidosos son vitales para mantener estable la comunicación entre dispositivos, para esto se recomienda mantener el selector de "baud rate", en auto. El AIC (como es conocido el convertidor) puede usarse de tres modos: como aislado punto a punto, como aislador de RS-232 a RS-485 y como aislador de RS-232 al modo de usuario "half - dúplex.

Los controladores Micrologix proveen energía a los AIC cuando se conectan al puerto 2. Cuando el enlace no se realiza de esta forma debe utilizarse una fuente externa de poder de 24 voltios continuos y además colocar el interruptor selector de fuente de poder en externo.

Figura 16. Convertidor de interfaz 1761-NET-AIC



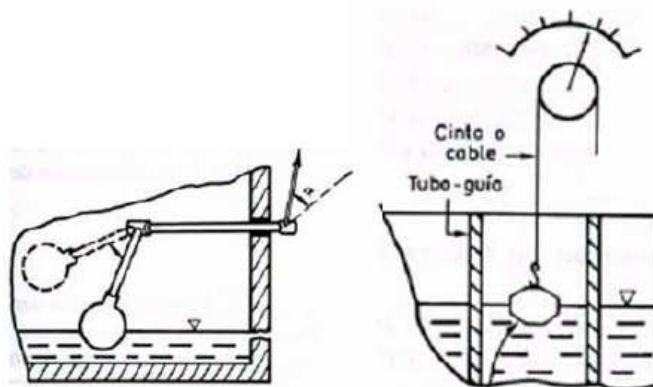
Fuente: UREÑA HERNANDEZ, Cristian. Automatización y modernización del proceso de fabricación de envases sanitarios en la línea FBB 202-211. Cartago, 2001. p .33. Trabajo de grado (Bachiller en ingeniería electrónica). Instituto tecnológico de costa rica.

## 7.5 sensores de nivel (TIPO BOYA)

El método más simple para medir el nivel de un líquido es sumergir una regla graduada y ver la longitud que queda mojada al extraerla, pero no se presta fácilmente a la automatización. Para obtener una señal eléctrica se puede emplear un flotador con una conexión mecánica que, en virtud del principio de Arquímedes, convierte el desplazamiento de la superficie libre en una fuerza o par, y éstos en

un ángulo de giro (figura 17). Otra posibilidad es emplear un flotador con una polea y un contrapeso): el ángulo girado por la polea es proporcional al nivel de líquido. Para evitar que el flotador derive por la superficie, se encierra en un tubo-guía. Para evitar el depósito de sustancias en su superficie, tiene forma ahusada.

Figura 17. Sensor Tipo Boya



Fuente: CHIMAN AMADOR, Octavio. Detector de nivel de un líquido. Guadalajara, 2006. p 4. Diseño con electrónica integrada (Centro universitario de ciencias exactas e ingenierías). Universidad de Guadalajara.

Tabla12. Características Técnicas sensor tipo boya

NAE		NNE	
		Length 6.69": NNE	
		Length 7.15": NNE-HY	
		Ø 3.15" NNE	
		Ø 3.62" NNE-HY	

NAE and NNE Ordering Information

Model Number	Switch Function	Float Material	Cable Cladding
NAE-9120	N/O	Polypropylene	Neoprene
NAE-9120-U	SPDT	Polypropylene	Neoprene
NNE-9130 <sup>1</sup>	SPDT	Polypropylene	PEC <sup>3</sup>
NNE-9130-HY <sup>1</sup>	SPDT	Hypalon® <sup>2</sup> coated Polypropylene	Hypalon® <sup>2</sup> coated PEC <sup>3</sup>
CG-CD 13 NRBK	1/2" NPT Cable Gland Tank Connection		
Option: Extended Cable Length			Suffix "EC"

NAE/NNE Float level switches. Pittsburgh. Kobold. 2007, p 340..

## 7.6 TERMOPOZOS

Las termovainas o termopozos son elementos desarrollados para permitir la instalación de sensores de temperatura en aplicaciones donde solamente el tubo de protección no es suficiente para garantizar la integridad del elemento sensor.

Su utilización en tanques, tuberías, recipientes presurizados, etc., permite la sustitución del sensor sin la necesidad de interrupción del proceso productivo.

Todos los termopozos deben cumplir con las siguientes características y especificaciones:

- La construcción de los termopozos debe ser del tipo cónico de barra perforada.
- La conexión a proceso de los termopozos roscados debe ser de 25,4 mm (1 in) NPT macho. Para termopozos brindados, la conexión al proceso debe ser de 38,10 mm (1 1/2 in). Los termopozos brindados deben tener bridas construidas de acuerdo a ASME 16 .5 ó equivalente. El material de la brida debe ser del mismo material del termopozo.
- Cuando se especifiquen Termopozos cerámicos, estos deben ser del tipo metal-cerámico, con el tubo protector de *un material cerámico* adecuado a las condiciones de operación y con la *conexión* (ya sea roscada o bridada) de acero inoxidable 316. Los materiales del termopozo ó en contacto con un fluido amargo, deben cumplir con los requerimientos de NACE MR0175/ISO 15156 y deben ser garantizados por el fabricante.
- Los Termopozos de prueba deben ser suministrados con tapa roscada cadena de acero inoxidable.
- En servicio de torres de destilación, recipientes y calentadores a fuego directo, la longitud del termopozo debe considerar que el termopozo se debe extender dentro del recipiente por una distancia máxima de 609,6 mm (24 in). Para tuberías, la longitud de inmersión de los termopozos debe quedar entre el 60% y el 80% del diámetro de la tubería.

Las termovainas presentan dos puntos importantes en su construcción en función de la aplicación. Ellos son:

**7.6.1 Asta (Vaina).** Normalmente producida en tamaños de hasta un metro de largo (tamaños mayores son posibles de acuerdo a las peculiaridades del proceso y la posición de instalación).

Su superficie es pulida con la finalidad de minimizar los efectos que ocurren en relación con la incrustación, velocidad y turbulencia del fluido.

En función de la agresividad del medio, ésta podrá tener revestimientos metálicos, vitrificados o a base de resinas. Las vainas pueden ser rectas o cónicas, siendo las cónicas las que se utilizan en donde los niveles de presión son elevados.

Dos características que siempre se deben tener en cuenta son la espesura de la pared, necesaria para atender los requisitos de la aplicación en relación con el tiempo de respuesta que se desea, y la extensión externa del prolongamiento hasta el elemento de conexión del sensor, con la finalidad de evitar efectos indeseables en las aplicaciones a alta temperatura.

#### **7.6.2 Elementos de fijación**

- Brida (flange): para aplicaciones en altas presiones, las bridas son soldadas al asta o vaina por medio de soldadura TIG con el objetivo de mantener la integridad y la homogeneidad de la interfaz vaina/brida.
- Rosca maquinada en la propia vaina para permitir la instalación rápida y un nivel de hermeticidad compatible con la aplicación.
- Soldadura, en la misma área en la que existe la rosca en el modelo anterior: en esta versión la superficie ya viene preparada para ser soldada directamente al proceso y se destina a las aplicaciones en las que no hay necesidad de remoción rápida del pozo.

**7.7 Motores.** La torre de enfriamiento TOWER TECH esta conformada por 4 ventiladores de 3HP marca Lincoln de 871 Rpm alimentados a 230/460 Voltios, con rodamientos de referencia 6208.

**7.7.1 Motores Trifasicos.** El motor trifásico se compone fundamentalmente de un rotor y un estator. Ambas partes están formadas por un gran numero de laminas ferromagnéticas, que disponen de ranuras, en las cuales se alojan los devanados estatoricos y rotoricos respectivamente. Al alimentar el bobinado trifásico del estator, con un sistema de tensiones trifásicas, se crea un campo magnético giratorio, el cual induce en las espiras del rotor una fuerza electromagnética, y

como todas las espiras forman un circuito cerrado, circula por ellas una corriente, obligando al rotor a girar en el mismo sentido que el campo giratorio del estator.



Figura 18. Motor trifásico

#### **7.7.1 Partes del motor giratorio:**

- **Estato:** Es la parte fija del motor y se compone de:
- **Carcaza:** Parte que sirve de soporte al núcleo magnético. Se construye con hierro fundido o acero laminado.
- **Núcleo Magnético:** Es un apilado de laminas ferromagnéticas de pequeño espesor, aisladas entre si por medio de barnices.
- **Bobinado estatorico:** Bobinas que tienen la función de producir el campo magnético. Están alojadas en las ranuras (abiertas o semicerradas) que tienen el núcleo.
- **Bornera:** Conjunto de bornes situado en la parte frontal de la carcasa, que sirve para conectar la red a los terminales del bobinado estatorico. Los bornes a los cuales se conectan los principios de las bobinas, se identifican en la actualidad normalmente con U1, V1, W1 y los finales U2, V2 y W2.
- **Rotor:** Básicamente esta formado por un eje y un paquete de laminas ferromagnéticas, que llevan en la periferia unas ranuras para alojar las bobinas retóricas. Los extremos del eje se introducen en unos bujes o rodamientos, que deben ofrecer el mínimo de rozamiento, de modo que no influyan para producir un aumento de la corriente absorbida por el motor.



Según se coloquen los conductores del rotor, en cortocircuito conformando un bobinado, tenemos dos tipos de motores asíncronos: motores con rotor bobinado, y motores con rotor en cortocircuito o jaula de ardilla.

## **7.8 BOMBA CENTRÍDUGA HALBERG NOWA 3213....25032**

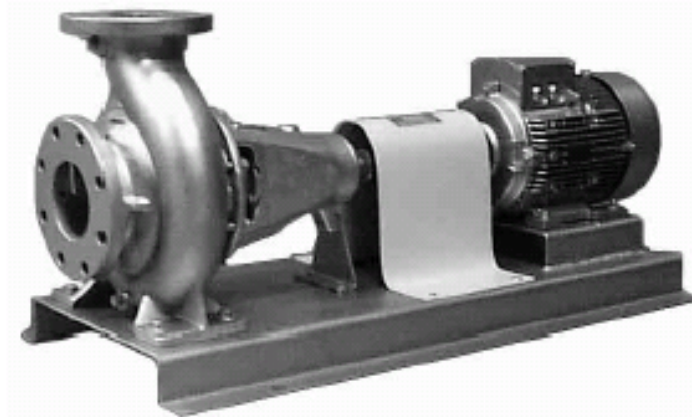
Las bombas centrífugas NOWA pueden emplearse en todas aquellas aplicaciones donde se tenga que trasegar líquidos limpios ó turbios no agresivos. Sus aplicaciones son principalmente:

- Abastecimiento de agua potable.
- Suministro de agua en general para agricultura e industria.
- Sistemas de rociadores (riego, contra incendio, etc.).
- Circulación de agua caliente hasta 160°C.
- Bombeo de condensados gracias a un NPSH especialmente favorable
- En ejecución de bronce, fundición Modular, acero al carbono e inoxidable.

Bombas centrífugas con carcasa en espiral, horizontales de una sola etapa, con dimensiones y características de funcionamiento según EN 733 / DIN 24255 en construcción proceso, más tamaños transforma.

El sistema proceso permite desmontar las partes giratorias hacia el lado del motor, sin necesidad de desacoplar las conducciones de aspiración y de impulsión. Si además se utiliza un acople de extensión, tampoco es necesario mover el motor.

Figura 19. Bomba Centrífuga Halberg Nowa



Fuente: Bombas centrífugas de carcasa espiral. Bogota: Sterling fluid systems Group, 2003. p. 2-8.

En la siguiente tabla se muestra las características técnicas de la bomba centrífuga halberg nowa.

Tabla 13. Características técnicas bombas centrífugas halberg nowa

Caudal	Max. 1300 m <sup>3</sup> /h
Altura	Max. 140 m
Velocidad	Max. 3600 rpm
Temperatura	Max. 160C
Presión de la carcasa	Max. 16 bar
Cierre del eje	Empaquetadura o sello mecánico

Fuente: STERLING HALBERG. Bombas centrífugas de carcasa espiral. Bogota, 2003. p 2/8. Sterling fluid systems group. (Colombia S.A).

## 7.9 DISYUNTOR TRIFASICO (Guardamotor)

Los guardamotores telemecanic son guardamotores magnetotérmicos tripolares adaptados al mando y a la protección de los motores, de conformidad con las normas IEC 947-2 y IEC 947-4-1.

Los Guardamotores telemecanic constituyen la solución más efectiva, simple y económica para comandar y proteger motores de CA hasta 25A (11kW 380/400V). Estos guardamotores están diseñados para una conexión mediante tornillos de estribo, puede también suministrarse con bornes a resorte. Esta técnica permite garantizar un apriete seguro y constante en el tiempo, resistente a los entornos severos, a las vibraciones y a los choques. Es más eficaz aún con conductores sin terminales. Cada conexión puede albergar dos conductores independientes.

La protección de los motores se garantiza gracias a los dispositivos de protección magnetotérmicos incorporados en los guardamotores. Los elementos magnéticos (protección contra los cortocircuitos) tienen un umbral de disparo no regulable. Es igual a aproximadamente 13 veces la intensidad de reglaje máxima de los disparadores térmicos.

Los elementos térmicos (protección contra las sobrecargas) están compensados contra las variaciones de la temperatura ambiente.

La intensidad nominal del motor se visualiza con ayuda de un botón graduado 4. La protección de las personas también está garantizada. No se puede acceder por contacto directo a ninguna de las piezas bajo tensión. Al añadir un disparador a mínimo de tensión se puede disparar el guardamotor en caso de falta de tensión. El usuario está de este modo protegido contra un re arranque intempestivo de la máquina a la vuelta de la tensión, una acción sobre el pulsador "I" es imprescindible para volver a poner el motor en marcha. Al añadir un disparador a emisión de tensión permite mandar el disparo del aparato a distancia.

El mando del guardamotor sin envoltorio o en caja puede enclavarse en la posición "O" mediante 3 candados. Mediante su capacidad de seccionamiento, estos guardamotores garantizan, en posición de apertura, una distancia de aislamiento suficiente e indican, gracias a la posición de los pulsadores de mando, el estado real de los contactos móviles.

Con un sólo aparato se cubren las siguientes funciones:

- Protección contra corto circuitos
- Protección contra sobrecargas
- Protección contra falta de fase
- Arranque y parad

Como principales características merecen mencionar las siguientes:

- Diseño compacto para montar en paneles de distribución
- Grado de protección IP20
- Montaje simple y rápido sobre el riel DIN (35 mm. EN50022)
- Posibilidad de fijarlo con 2 tornillos con un adaptador especial

En la tabla se muestra 14. Se muestra las principales características técnicas del disyuntor trifásico (Guardamotor).

Tabla 14. Principales características de Guardamotor Trifásico

Conformidad de normas	EN60947, IEC947, VDE0660
Aprobaciones	UL, SEMK, DEMKO
Endurancia mecanica	100.000 op
Resistencia al impacto durante 20 ms	20g
Temperatura ambiente (abierto)	-25C + 50C
Temperatura ambiente (cerrado)	-25C + 40C
Compensación de temperatura ambiente	-25C + 50C
Clase dimatica	IEC68-2-3, IEC68-2-30
Peso	250g
Tensión de aislamiento nominal Ui	690V
Categoría de empleo AC3 Ue máx.	690V
Tensión expocianada al impulso UIMP	6kV
Corriente nominal máx. i.e.=Ie	25 <sup>a</sup>
Endurancia eléctrica	100.000 op
Capacidad de conexionado	0.75 – 4mm <sup>2</sup>

Figura 20. Disyuntor trifásico guardamotor telemecanique



**7.9.1 Contactos auxiliares.** Bloque lateral de contactos auxiliares, pueden ser montados en ambos laterales del guardamotor.

En la siguiente tabla 14. Se muestran las principales características técnicas de los contactores auxiliares.

Tabla 15. Características técnicas de contactores auxiliares

Tensión nominal de aislamiento UI	500V
Corriente térmica nominal Ith	6 <sup>a</sup>
corriente normal de empleo Ie en categoría AC-15	230V.....3.5 <sup>a</sup> 400V.....2 <sup>a</sup> 500V.....1.5 <sup>a</sup>
Capacidad de conexionado (1 o 2 conductores)	0.75 – 2.5 mm <sup>2</sup>
Peso	35g

Figura 21. Contacto auxiliar (Guardamotor)



## 7.10 CONTACTORES TRIFASICO

El contactor es un interruptor accionado a distancia por medio de un electroimán.

### 7.10.1 Partes del contactor

- Carcaza: Es el soporte fabricado en material no conductor, con un alto grado de rigidez y rigidez al calor, sobre el cual se fijan todos los componentes conductores del contactor.
- Electroimán: Es el elemento motor del contactor. Esta compuesto por una serie de elementos cuya finalidad es transformar la energía eléctrica en magnetismo,

generando un campo magnético muy intenso, el cual a su vez producirá un movimiento mecánico.

- **Bobina:** Es un arrollamiento de alambre de cobre muy delgado y un gran número de espiras, que al aplicársele tensión genera un campo magnético. El flujo magnético produce un electromagnético, superior al par resistente de los muelles (resortes) que separan la armadura del núcleo, de manera que estas dos partes pueden juntarse estrechamente.

Cuando una bobina se energiza con A.C la intensidad absorbida por esta, denominada corriente de llamada, es relativamente elevada, debido a que en el circuito prácticamente solo se tiene la resistencia del conductor. Esta corriente elevada genera un campo magnético intenso, de manera que el núcleo puede atraer a la armadura, a pesar del gran entrehierro y la resistencia mecánica del resorte o muelle que los mantiene separados en estado de reposo. Una vez que se cierra el circuito magnético, al juntarse el núcleo con la armadura, aumenta la impedancia de la bobina, de tal manera que la corriente de llamada se reduce considerablemente, obteniendo de esta manera una corriente de mantenimiento o trabajo mucho más baja.

- **Núcleo:** Es una parte metálica, de material ferromagnético, generalmente en forma de E, que va fijo en la carcasa. Su función es concentrar y aumentar el flujo magnético que genera la bobina (colocada en la columna central del núcleo), para atraer con mayor eficiencia la armadura.
- **Armadura:** Elemento móvil, cuya construcción se parece a la del núcleo, pero sin espiras de sombra, Su función es cerrar el circuito magnético una vez energizada la bobina, ya que en este estado de reposo debe estar separado del núcleo, por acción de un muelle. Este espacio de separación se denomina entrehierro o cota de llamada.

Las características del muelle permiten que, tanto el cierre como la apertura del circuito magnético, se realicen en forma muy rápida (solo unos 10 milisegundos). Cuando el par resistente del muelle es mayor que el par electromagnético, el núcleo no logra atraer la armadura o lo hará con mucha dificultad.

Por el contrario, si el par resistente del muelle es demasiado débil, la separación de la armadura no se producirá con la rapidez necesaria.

- **Contactos:** Son elementos conductores que tienen por objeto establecer o interrumpir el paso de corriente, tanto en el circuito de potencia como en circuito

de mando, tan pronto se energice la bobina, por lo que se denominan contactos instantáneos.

Todo contacto esta compuesto por tres elementos: dos partes fijas ubicadas en la coraza y una parte móvil colocada en la armadura, para establecer o interrumpir el de la corriente entre las partes fijas. El contacto móvil lleva un resorte que garantiza la presión y por consiguiente la unión de las tres partes.

- **Contactos principales:** Su función específica es establecer o interrumpir el circuito principal, permitiendo o no que la corriente se transporte desde la red a la carga.

**Contactos auxiliares.** Contactos cuya función específica es permitir o interrumpir el paso de la corriente a las bobinas de los contactores o los elementos de señalización, por lo cual están dimensionados únicamente para intensidades muy pequeñas.

**7.10.2 Elementos de protección.** Son dispositivos cuya finalidad es proteger una carga. Se dice que un conductor o un motor están sobrecargados cuando la corriente que circula por ellos es superior al valor para el cual fueron diseñados.

- **Reles térmicos:** Son elementos de protección únicamente contra sobrecargas, cuyo principio de funcionamiento se basa en la deformación de ciertos elementos (bimetales) bajo el efecto del calor, para accionar, cuando este alcanza ciertos valores, unos contactos auxiliares que desenergicen todo el circuito y energicen al mismo tiempo un elemento de señalización.

El bimetal esta formado por dos metales de diferente coeficiente de dilatación y unidos firmemente entre sí, regularmente mediante soldadura de punto. El calor necesario para curvar o reflexionar la lamina bimetalica es producida por una resistencia, arrollada alrededor del bimetal, que esta cubierto con un material de asbesto, a través de la cual circula la corriente que va de la red al motor. Se ubica en el circuito de potencia.

Los metales comienzan a curvarse cuando la corriente sobrepasa el valor nominal para el cual han sido dimensionados, empujando una placa de fibra hasta que se produce el cambio de estado de los contactos auxiliares que lleva. El tiempo de

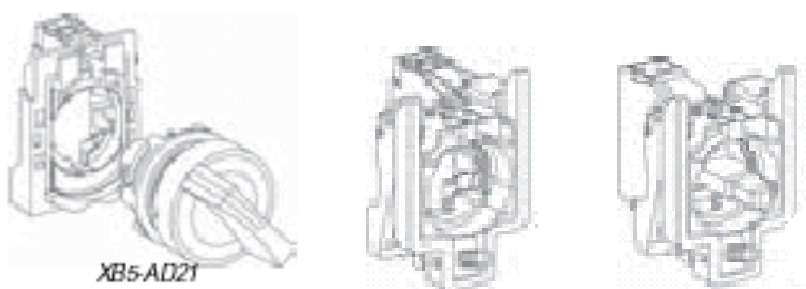
desconexión depende de la intensidad de la corriente que circule por las resistencias.

## 7.11 SELECTOR 3 POSICIONES SOSTENIDAS

Tabla16. Descripción general de conmutadores selectores

Descripción	Interruptores selectores
Características	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2, 3, o 4 posiciones, mantenidos o retorno de resorte, normal/palanca/ perillas de aleta.</li> <li>• Operadores iluminados, sin iluminación, ranura de moneda y con llave.</li> </ul>
Tamaño del orificio de montaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 30.5 mm</li> </ul>
Método de montaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anillo de montaje en parte frontal del panel.</li> </ul>
Material y grado de protección	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 800T: Metal, Tipo 1/4/12/13, IP66.</li> <li>• 800H: Plástico, Tipo 1/4/4X/12/13, IP66</li> </ul>
Numero máximo de circuitos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Con ilum: 4 circuitos</li> <li>• Sin ilum: 8 posiciones</li> </ul>
Rango de temperatura de funcionamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• -40...+131 F</li> <li>• (-40...+55 C)</li> </ul>
Vida útil de diseño	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ciclos mecánicos:</li> <li>• Con ilum: 200 K min.</li> <li>• Sin Ilum: 1M min.</li> </ul>
Ensamblaje de bloque de contactos y módulos de alimentación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensamblaje en la fábrica o en el campo.</li> </ul>
Certificaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• UL/CSA/CE</li> </ul>

Figura 22. Botones pulsadores de 30.5mm General Electric





## 7.12 PILOTO COLOR VERDE, ROJO, AMARILLO

Significado de colores de luces pilotos:

### 7.12.1 Piloto rojo:

- Emergencia: Condición peligrosa que requiere una acción inmediata (presión fuera de los límites de seguridad, sobrerrecogido, rotura de acoplamiento....)
- Demanda intervención urgente por parte del operador.

### 7.12.2 Piloto amarillo:

➤ Anomalía: condición anormal que puede llevar a una situación peligrosa (presión fuera de los límites normales, activación de un dispositivo de protección...).

### 7.12.3 Piloto Verde:

- Maquina preparada para entrar en servicio
- Maquina en funcionamiento normal

Tabla 17. Descripción general luces pilotos General Electric

Descripción	Luces pilotos
Características	<ul style="list-style-type: none"><li>• Difusor estándar</li><li>• Indicador LED y bombillos indicadores integradas</li><li>• Monolítico</li></ul>
Tamaño del agujero de montaje	<ul style="list-style-type: none"><li>• 22.5 mm</li></ul>
Método de montaje	<ul style="list-style-type: none"><li>• Anillo para montaje en la parte posterior del panel</li></ul>
Material y grado de protección	<ul style="list-style-type: none"><li>• 800FM: metal, Tipo 4/13, IP65/66</li></ul>
Numero máximo de circuitos	<ul style="list-style-type: none"><li>• -----</li></ul>
Rango de temperaturas de funcionamiento	<ul style="list-style-type: none"><li>• -13...+158 F</li><li>• (-25...+ 70 C)</li></ul>
Vida útil de diseño	<ul style="list-style-type: none"><li>• Incandescente:</li><li>• 5...20 K horas</li><li>• Indicador LED: 100 K horas</li></ul>
Certificaciones	<ul style="list-style-type: none"><li>• UR/UL/CSA/CE/CCC/ABS</li></ul>

Figura 23. Luces pilotos IEC General Electric



### 7.13 VARIADOR DE FRECUENCIA POWERFLEX 40

Los variadores de CA PowerFlex 40 de Allen-Bradley proporcionan a los usuarios un eficiente control de velocidad del motor, un diseño que ahorra espacio, y son los más compactos y económicos de la familia de variadores PowerFlex. Ideales para control de velocidad a nivel de máquina, estos productos proporcionan versatilidad de aplicación para satisfacer los requisitos a nivel mundial de los fabricantes de equipos originales y usuarios finales que requieren flexibilidad, ahorro de espacio y facilidad de uso. Los variadores de CA PowerFlex 40 y PowerFlex 400 tienen características comunes en tres áreas claves:

Figura 24. Variador de frecuencia PowerFlex



**PowerFlex 40**

Variador De Ca, de frecuencia ajustable PowerFlex 40[en línea]. Bogota, D.C: rockwellautomation, 2005. [Consultado 12 de diciembre de 2007 ]. Disponible en Internet: <http://www.rockwellautomation.com/literature.htm>:

### **7.13.1 Opciones flexibles de diseño y montaje**

- Rápida instalación gracias al montaje en riel DIN de los variadores de estructura A y B.
- Variadores de montaje en brida disponibles para reducir el tamaño total del envolvente.
- Zero Stacking™ para temperatura ambiente hasta de 40 °C, para ahorrar valioso espacio de panel. Se permite temperatura ambiente de 50 °C con espacio mínimo entre los variadores.

### **7.13.2 Puesta En marcha y Operación Simples**

- Teclado integral con pantalla de 4 dígitos y 10 indicadores LED adicionales que proporcionan control intuitivo.
- Teclado, teclas de control y potenciómetro local listos para su uso a fin de simplificar la puesta en marcha.
- Los 10 parámetros programados con mayor frecuencia están agrupados para una puesta en marcha más rápida y fácil.

### **7.13.3 Soluciones Versátiles en Programación y de Red**

- Las comunicaciones RS485 integradas permiten usar los variadores en una configuración de red de derivaciones múltiples. Un módulo convertidor en serie proporciona conectividad a cualquier controlador con capacidad de iniciar mensajes DF1.
- Los programas de software DriveExplorer™ y DriveTools™ SP se pueden usar para programar, monitorear y controlar los variadores.

- Un teclado y pantalla LCD NEMA 4X remota y NEMA 1 de mano ofrecen flexibilidad adicional de programación y control, ambos con la popular función CopyCat.

**7.13.4 Instalación Eléctrica.** A la hora de instalar el variador se deben tomar en cuenta algunas especificaciones necesarias e importantes para evitar problemas cuando el variador está en marcha. Por ejemplo es importante tomar en cuenta el espaciamiento a la hora de diseñar la disposición del equipo. La figura muestra las disposiciones de espacio necesarias para la instalación del variador.

- Instale el variador en posición vertical sobre una superficie vertical y nivelada.

Tabla 18. Opciones de montaje para variadores serie 40 y 400.

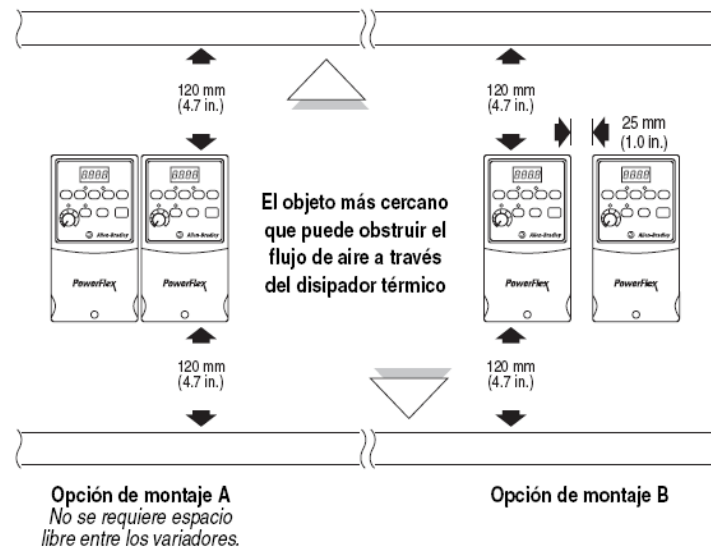
Estructura	Tamaño de tornillos	Par de apriete de los tornillos	Riel DIN
B	M4 (#8-32)	1.56 -1.96 N-m (14-17 lb-pulg.)	35 mm
C	M5 (#10-24)	2.45 -2.94 N-m (22-26 lb-pulg.)	–
B (IP66, Tipo 4X)	M6 (#12-24)	3.95 -4.75 N-m (35-42 lb-pulg.)	–

Variador De Ca, de frecuencia ajustable PowerFlex 40. [en línea] Bogota, D.C: rockwellautomation, 2005. [Consultado 12 de diciembre de 2007 ]. Disponible en Internet: <http://www.rockwellautomation.com/literature.htm>:

Evite el polvo o las partículas metálicas para proteger el ventilador De enfriamiento.

- No lo exponga a una atmósfera corrosiva.
- Proteja la unidad contra la humedad y la luz solar directa.

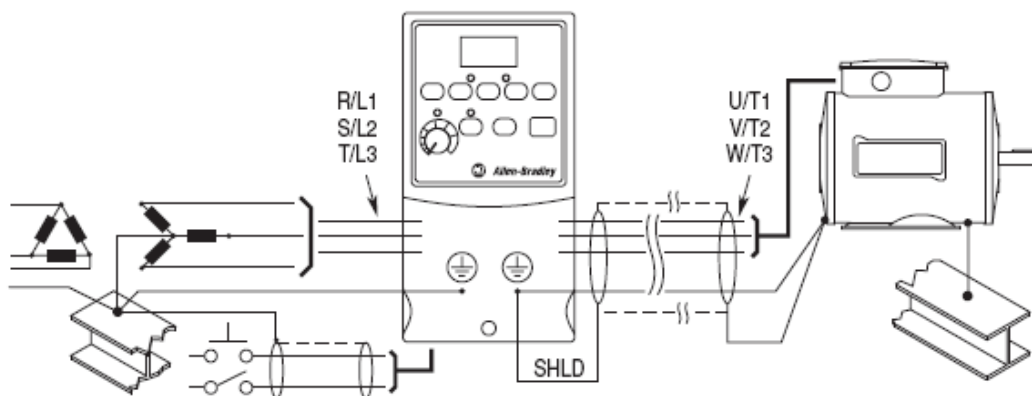
Figura 25. Espaciamiento necesario para la instalación del variador



Variador de CA, de frecuencia ajustable PowerFlex 40. [en línea] Bogota, D.C: rockwellautomation, 2005. [Consultado 12 de diciembre de 2007 ]. Disponible en Internet: <http://www.rockwellautomation.com/literature.htm>:

Al igual que para controlador se debe hacer una conexión del chasis del variador a la barra de cobre del gabinete y la barra de cobre de la planta, pues el sistema es un control de estado sólido, donde las interferencias electromagnéticas son altas y deben ser aisladas hasta donde sea posible. La figura muestra una conexión típica a tierra del variador.

Figura 26. Conexión típica a tierra



Variador de CA, de frecuencia ajustable PowerFlex 40. [en línea] Bogota, D.C: rockwellautomation, 2005. [Consultado 12 de diciembre de 2007 ]. Disponible en Internet: <http://www.rockwellautomation.com/literature.htm>:

En el siguiente cuadro se muestra las especificaciones del bloque de terminales de alimentación eléctrica.

Tabla 19. Calibres máximos/mínimos que acepta el bloque de terminales.

Estructura	Calibre máximo de cable(2)	Calibre mínimo de cable (2)	Par de apriete
A	5.3 mm <sup>2</sup> (10AWG)	1.3 mm <sup>2</sup> (16 AWG)	1.7-2.2 N-m (16-19 lb.-pulg.)
B	8.4 mm <sup>2</sup> (8 AWG)	1.3 mm <sup>2</sup> (16 AWG)	2.9-3.7 N-m (26-33 lb.-pulg.)

VARIADOR DE CA, de frecuencia ajustable PowerFlex 40. [en línea] Bogotá, D.C: rockwellautomation, 2005. [Consultado 12 de diciembre de 2007 ]. Disponible en Internet: <http://www.rockwellautomation.com/literature.htm>:

**7.13.5 Características Variador PowerFlex 40.** El variador de CA PowerFlex 40 tiene las mismas características y funcionalidad que el variador de CA PowerFlex 4. Además, el variador de CA PowerFlex 40 ofrece la característica de control vectorial sin sensor y capacidad de E/S adicional. Diseñados teniendo en cuenta la versatilidad de aplicación y un rendimiento sólido, los variadores de CA PowerFlex 40 también ofrecen:

- Ofrecen calcificación de estructura de, 0.4 a 11 kW; 0.5 a 15 hp, 120, 240, 480, 600 V (producto mostrado con opción DeviceNet).
- Salida analógica de 0–10 V ó 4–20 mA (10 bits) para retroalimentación o como referencia para otros variadores.
- Las funciones de temporizador, contador y StepLogix™ pueden reducir los costos de diseño del hardware, simplificando así las configuraciones de control.
- Dos canales de entrada analógica, incluyendo la capacidad PID, mejoran la flexibilidad de las aplicaciones
- Las tarjetas de comunicaciones integrales opcionales, por ej., DeviceNet™, EtherNet/IP™, PROFIBUS™ DP y ControlNet™ pueden mejorar el rendimiento de la máquina.
- Las entradas digitales controlan a las salidas digitales mediante la función de temporizador o contador.

- Las entradas digitales controlan a las salidas digitales mediante la lógica booleana
- Las entradas de lógica AND u OR proporcionan flexibilidad de aplicación.
- Se puede programar cada paso para:
  - Paso basado en el estado de la entrada digital, incluye la lógica AND, OR y NOT, Paso basado en tiempo específico.
  - Control de velocidad, dirección y velocidad de aceleración/desaceleración, Control del estado de una salida

Tabla 20. Características técnicas variador PowerFlex 40

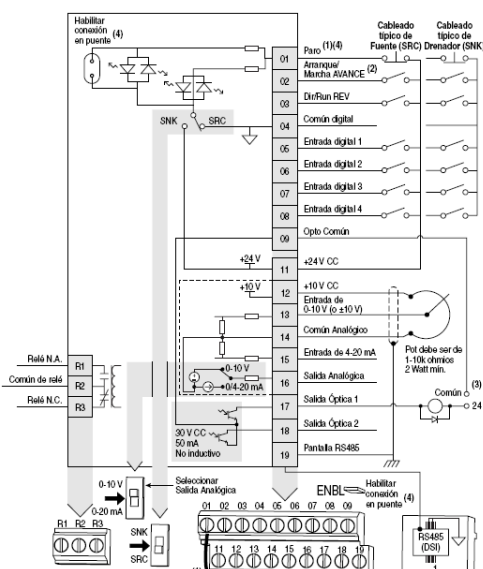
Descripción	<b>PowerFlex 40</b>
Interfase de operador	Teclado integral con pantalla de 4 dígitos, 10 indicadores LED adicionales y potenciómetro local, módulos de interfase de operador (HIM) remotos opcionales
Estándares	UL, C-Tick, CE, EMC EN61800-3, bajo voltaje EN60204-1/EN50178
Especificaciones de entrada	Voltaje monofásico: 100–120 V/200–240 V Voltaje trifásico: 200–240 V/380–480 V/480–600 V Frecuencia: 47 a 63 Hz Tiempo de operación de la lógica de control: >0.5 segundos, 2 segundos, típico Voltaje: Ajustable de 0 V hasta el voltaje nominal del motor Corriente intermitente: 150 % durante 60 segundos
Especificaciones de salida	Voltaje: Ajustable de 0 V hasta el voltaje nominal del motor Corriente intermitente: 150 % durante 60 segundos
Envolverte y temperatura ambiente	Tipo abierto/IP20: –10° a 50 °C (14°–122 °F)
Temperatura de funcionamiento	NEMA Tipo 1/IP30: –10° a 40 °C (14°–104 °F) con juego opcional de canaletas
Rango de frecuencia	0–400 Hz
	Control de 24 V drenador o surtidor 3. entradas dedicadas para arranque, paro y

Control	retroceso. 4. entradas programables para funciones tales como velocidades preseleccionadas, impulsos, etc. $\pm 10$ V (bipolar), 0–10 V y 4–20 mA 1 salida de relé formato C programable 1 salida analógica (0–10 V o 4–20 mA)								
Precisión de frecuencia	Entrada digital dentro de + 0.05 % de la frecuencia establecida Entrada analógica dentro de 0.5 % de la frecuencia de salida máxima								
Clasificaciones	<table> <tr> <td>100–120 V, 1Ø</td><td>0.4–1.1 kW (0.5–1.5 HP)</td></tr> <tr> <td>200–240 V, 1Ø</td><td>0.4–1.5 kW (0.5–2 HP)</td></tr> <tr> <td>200–240 V, 3Ø</td><td>0.4–3.7 kW (0.5–5 HP)</td></tr> <tr> <td>380–480 V, 3Ø</td><td>0.4–4.0 kW (0.5–5 HP)</td></tr> </table>	100–120 V, 1Ø	0.4–1.1 kW (0.5–1.5 HP)	200–240 V, 1Ø	0.4–1.5 kW (0.5–2 HP)	200–240 V, 3Ø	0.4–3.7 kW (0.5–5 HP)	380–480 V, 3Ø	0.4–4.0 kW (0.5–5 HP)
100–120 V, 1Ø	0.4–1.1 kW (0.5–1.5 HP)								
200–240 V, 1Ø	0.4–1.5 kW (0.5–2 HP)								
200–240 V, 3Ø	0.4–3.7 kW (0.5–5 HP)								
380–480 V, 3Ø	0.4–4.0 kW (0.5–5 HP)								

VARIADOR DE CA, de frecuencia ajustable PowerFlex 40. [en línea ] Bogota, D.C: rockwellautomation, 2005. [Consultado 12 de diciembre de 2007 ]. Disponible en Internet: <http://www.rockwellautomation.com/literature.htm>:

**7.13.6 Bloque de terminales de control.** En la siguiente figura se observa el diagrama de conexiones para el cableado de control.

Figura 27. Diagrama de bloque de cableado de control



Variador De Ca, de frecuencia ajustable PowerFlex 40. [en línea]] Bogota, D.C: rockwellautomation, 2005. [Consultado 12 de diciembre de 2007 ]. Disponible en Internet: <http://www.rockwellautomation.com/literature.htm>:



**7.13.7 Programación y parámetros del variador.** El variador de frecuencia cuenta con una serie de parámetros programables, con el fin de controlar la aplicación. Esto significa que el equipo es de aplicación general y debe ser programado a través de una serie de parámetros según el motor que vaya a ser conectado a sus terminales de potencia.

En total son más de 500 parámetros. La programación puede hacerse a través de un módulo HIM, o través de una red de comunicación o PC por el puerto serial. A través de dichos parámetros es que se configura al equipo para ser comandado desde el PLC y controlar la velocidad de la máquina a través de un potenciómetro. Para configurar el variador a fin de que funcionara de la manera específica requerida, se debieron establecer algunos de los parámetros del variador. Existen tres tipos de parámetros:

- **Parámetros ENUM:** Los parámetros ENUM permiten una selección entre 2 o más ítems. El HIM de LCD mostrará un mensaje de texto para cada ítem. El HIM de LED mostrará un número para cada ítem.
- **Parámetros de Bit:** Los parámetros de bit tienen bits individuales asociados con funciones y condiciones. Si el bit es 0, la función está desactivada y la condición es falsa. Si el bit es 1, la función está activada y la condición es verdadera.
- **Parámetros Numéricos:** Estos parámetros tienen un solo valor numérico (por ejemplo, 0.1 Voltios). Los parámetros del variador se subdividen en archivos, los cuales a su vez están divididos en grupos y cada uno tiene un número específico. De manera que al visualizar un parámetro en el módulo de programación se visualiza de la siguiente manera:

Figura 28. Presentación de los parámetros en la pantalla del HIM

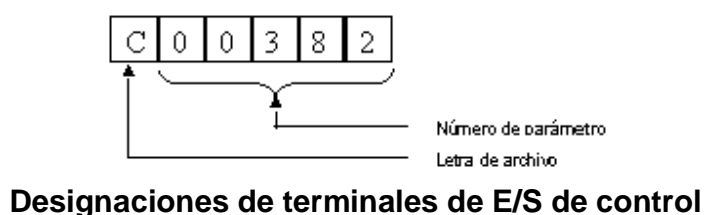


Tabla 21. Designación de terminales de entradas y salidas de control

No.	Señal	Opción predeterminada en la fábrica	Descripción	Par.
R1	Relé N. A.	Fallo	Contacto normalmente abierto para el relé de salida.	A055
R2	Común de relé	–	Común del relé de salida.	
R3	Relé N.C.	–	Fallo Contacto normalmente cerrado del relé de salida.	A055
Microinterruptor de selección de salida analógica		0-10 V	Establece la salida analógica en voltaje o corriente. Los ajustes deben corresponder con A065 [Sel. Sal. Anlg.].	
Microinterruptor de drenador/surtidor		Surtidor (SRC)	Las entradas se pueden cablear como drenador (SNK) o surtidor (SRC) mediante ajustes de los microinterruptores.	
01	Paro(1)	Inercia	Es necesario que esté presente el puente instalado en fábrica o una entrada normalmente cerrada para que arranque el variador.	P036
02	Arranque/Marc AVANCE	Inactivo	El comando proviene del teclado integrado de manera predeterminada. Para inhabilitar la operación inversa.	P036 P037
04	Común digital	–	Para entradas digitales. Electrónicamente aisladas con entradas digitales de E/S analógicas y salidas ópticas	
05	Entrada digital 1	Frec presel	Se programa con A051 [Sel. ent digt 1].	A051
06	Entrada digital 2	Frec presel	Se programa con A052 [Sel. ent digt 2].	A052
07	Entrada digital 3	Local	Se programa con A053 [Sel. ent digt 3].	A053
08	Entrada digital 4	Impulsos Avn	Se programa con A054 [Sel. ent digt 4].	A054
11	+24 VCC	–	Referenciada al común de las señales digitales. La corriente máxima de salida es de 100 mA.	
12	+10 VCC	–	Referenciada al común de las señales analógicas. La corriente máxima de salida es de 15 mA.	P038
13	Ent. $\pm 10$ V (2)	Inactivo	Para la alimentación de entrada externa de 0-10 V (unipolar) o $\pm 10$ V (bipolar)	P038 A051 A054

			(impedancia de entrada = 100k ohms)	A123 A132
14	Común analógico	–	Para ent. de 0-10 V o de 4-20mA. Electrónicamente aislada.	
15	Ent 4-20 mA (2)	Inactivo	Para alimentación externa de entrada de 4-20 mA (impedancia de entrada = 250 ohms).	P038 A051 A054 A132
16	Salida analógica	FrecSal 0-10	La salida analógica predeterminada es de 0-10 V.	A065 A066
17	Salida Óptica 1	Motor marcha	Se programa con A058 [Sel Sal Óptica 1]	A058 A059 A064
18	Salida Óptica 2	En Frecuencia	Se programa con A061 [Sel Sal Óptica 2]	A061 A062 A064
19	Blindaje RS485 (DSI)	–	Cuando se use el puerto de comunicaciones RS485 (DSI) deberá conectarse el terminal a la tierra de seguridad (PE).	

Variador de CA, de frecuencia ajustable PowerFlex 40. [en línea ] Bogota, D.C: rockwellautomation, 2005. [Consultado 12 de diciembre de 2007 ]. Disponible en Internet: <http://www.rockwellautomation.com/literature.htm>:

**7.13.8 Modulo de programación HIM de LED.** El HIM de LED muestra los parámetros en orden lineal. Se obtiene acceso a los parámetros seleccionando primero la letra de archivo y luego un número de parámetro.

Los pasos para editar un parámetro en el módulo se muestran a continuación:

- Pulsar **Esc** hasta que aparezca la pantalla de frecuencia de salida. Esta pantalla muestra la frecuencia del variador si éste se encuentra funcionando. Si el variador se encuentra detenido, mostrará 0.
- Pulsar **Enter**. Aparece entonces el parámetro que se vio la última vez. La letra del archivo parpadeará.
- Pulsando las flechas Hacia Arriba o Hacia Abajo puede desplazarse por los archivos.
- Pulsando **Enter** se puede introducir un archivo. El dígito derecho parpadeará.

- Pulsar las flechas **Hacia Arriba** o **Hacia Abajo** para desplazarse por los parámetros que están en el archivo. Aparece una "n" después de un número si un parámetro es un parámetro de bit dividido en cuartetos de bits.
- Pulse **Enter** para ver el valor de un parámetro o cuarteto de bits. Se mostrará su valor. Si no desea editar el valor, pulse **Esc** para regresar a la lista de parámetros.
- Pulse **Enter** para entrar al modo de edición. El dígito derecho parpadeará si se puede editar.
- Pulse las flechas **Hacia Arriba** o **Hacia Abajo** para cambiar el valor. Si lo desea, pulse **Sel** para moverse de dígito a dígito o de bit a bit. El dígito o bit que puede cambiar parpadeará. A fin de cambiar un signo en un valor con signo, pulse **Sel** para mover el cursor al dígito del extremo izquierdo. Luego pulse las flechas **Hacia Arriba** o **Hacia Abajo** para desplazarse hacia el signo deseado.
- Pulse **Enter** para guardar el valor. Si desea cancelar un cambio, pulse **Esc**. El valor dejará de parpadear para indicar que usted ya no se encuentra en el modo de edición.
- Pulse **Esc** para regresar a la lista de parámetros.

**7.13.9 Puesta en marcha del variador.** Confirme que todas las entradas se Encuentren firmemente conectadas a los terminales correctos.

- Verifique que la alimentación de línea de CA en el dispositivo se encuentre dentro del valor nominal del variador.
- Verifique que toda la alimentación eléctrica de control digital sea de 24 volts.
- Verifique que el ajuste del micro interruptor drenador (SNK)/surtidor (SRC) esté configurado de manera que corresponda con el esquema de cableado de control. Vea la página 8 para determinar su ubicación.

## 8. DESCRIPCION DE SOFTWARE UTILIZADO

En este capítulo se describen los módulos implementados por medio de los programas RSLogix 500 y Proasis DCS\_Win 3.55, para la programación del MicroLogix 1500 y el modulo de adquisición de señales analógicas DAS\_8000 respectivamente.

### 8.1 RSLOGIX 500

El RSLogix 500 es un programa para ambiente "Windows". Permite la programación en lógica escalera tanto para PLCs SLC500 y MicroLogix de la línea Allen Bradley, entre sus principales características se pueden mencionar las siguientes: editor gráfico para programación en escalera, puede verificar globalmente (todas las escaleras) dando mensajes con el código de error correspondiente, conexión remota al PLC, opciones para forzado del estado tanto de las entradas como de las salidas, ajuste de temporizadores en tiempo real (cuando se está conectado en forma remota). Cuenta además con una amplia base de datos donde se almacena la información del estado del PLC, etiquetas y mensajes de información.

El software presenta un conjunto de instrucciones, que van desde manejo de bits hasta manejo de archivos de datos completos. Estas instrucciones, cuando se usan en programas de escalera, representan circuitos de lógica cableados usados para el control de una máquina o equipo.

Las instrucciones básicas se dividen en tres grupos: bit, temporizador y contador. También existen los siguientes tipos de instrucción: comparación, matemáticas, manejo de datos, flujo de programa, contador de alta velocidad, comunicación, escalamiento, PID, ASCII, etc.

#### 8.1.1 Descripción general de instrucciones

- **Instrucciones de bit.** Estas instrucciones operan en un solo bit de datos. Durante la operación, el procesador puede establecer o restablecer el bit con base en la continuidad lógica de los renglones de escalera. Se puede direccionar un bit las veces que el programa lo necesite.

También, las instrucciones de bit, se conocen como instrucciones tipo relé para monitorear y controlar el estado de los bits en la tabla de datos, tal como los bits de entrada o los bits de palabra de control de temporizadores, contadores y demás.

- **Instrucciones de temporizador y contador.** Los temporizadores y contadores son instrucciones de salida que permiten controlar operaciones basadas en tiempo o número determinado de eventos.

El número de temporizadores y contadores disponibles para una aplicación en especial depende del tipo de procesador y la capacidad de memoria del controlador. Cada uno de los elementos consta de un total de 16 bits para efectuar el conteo, es decir, que pueden ir desde -32768 hasta 32767.

- **Instrucciones de comparación.** Se utilizan estas instrucciones de entrada cuando se desea comparar valores de datos tan grandes como 16 bits. En cualquiera de las instrucciones de comparación, si se está usando un procesador MicroLogix (caso de este proyecto), se puede usar direcciones indexadas para los parámetros origen o destino. Y en algunos otros procesadores se puede usar direcciones indirectas para dichos parámetros.

- **Instrucciones Matemáticas.** Estas instrucciones de salida se utilizan para realizar cálculos usando una expresión o una instrucción aritmética específica. Por ejemplo, multiplicación, raíz cuadrada, etc.

- **Instrucciones de manejo de datos.** Estas instrucciones se utilizan para modificar archivos existentes copiando en ellos datos de archivo de otros archivos o llenando un archivo seleccionado con datos de origen específicos.

- **Instrucciones de flujo de programa.** Su función es cambiar el orden en que el procesador escanea un programa de lógica de escalera. Típicamente estas instrucciones se usan para reducir al mínimo el tiempo de escán, para crear un programa más eficiente y para resolver problemas en un programa de lógica de escalera.

No todas las instrucciones de control están disponibles con todos los procesadores.

- **Instrucciones de contador de alta velocidad.** La instrucción de contador de alta velocidad o HSC cuenta impulsos de alta velocidad de una entrada con una frecuencia máxima de impulsos de 8k Hz, El HSC es una variación del contador convencional. Se habilita o inhabilita el HSC para permitir o evitar el conteo de transiciones que ocurren en el terminal de entrada I:0/0. Por esta razón, el HSC se considera un contador de hardware operando asincrónicamente con el escán del programa de lógica de escalera. El contador convencional es, por el contrario, un contador de software que actúa en su lógica de renglón. Los bits de estado del HSC y los valores del acumulador no son retentivos.

El HSC se habilita cuando la lógica del renglón es verdadera, entonces puede contar las transiciones que ocurren en el terminal de entrada I:0/0, pero no cuenta transiciones de renglón. El HSC se inhabilita cuando la lógica del renglón se hace falsa; dejará de contar las transiciones en I:0/0.

- **Instrucciones de comunicación.** Básicamente se componen de dos instrucciones: MSG y SVC.  
La instrucción MSG (Lectura/escritura de mensajes) y la instrucción SVC (Servicio de comunicaciones) trabajan juntas para transferir datos desde un nodo a otro en la red de comunicaciones.

Se utiliza MSG para definir los datos y el receptor para la transmisión. Se utiliza SVC para habilitar la transmisión.

- **Instrucciones de escalamiento.** Se usa este tipo de instrucción para escalar datos desde un módulo analógico y llevarlos dentro de los límites prescritos por una variable de proceso u otro módulo analógico. Por ejemplo, se podría utilizar este tipo de instrucción para convertir una señal de entrada de 4-20 mA a una variable de proceso PID. O para escalar una entrada analógica que controle una salida analógica. Cuando las condiciones del renglón son verdaderas, esta instrucción multiplica el origen por una proporción especificada, la escala dentro de los límites preescritos y el resultado redondeado se suma a un valor de offset y se coloca en el destino.

- **Instrucciones PID.** Esta instrucción de salida se usa para controlar propiedades físicas tales como temperatura, presión, nivel de líquido o velocidad de flujo de los ciclos del proceso. La instrucción PID normalmente controla un lazo cerrado usando entradas desde un **módulo de entradas analógicas** y proporcionando una salida a un **módulo de salidas analógicas** como una

respuesta para retener efectivamente una variable del proceso en un punto de referencia determinado. La ecuación PID controla el proceso enviando una señal de salida al accionador. Cuanto mayor es el error entre el punto de referencia y la entrada de la variable del proceso, mayor es la señal de salida y viceversa. Se puede añadir un valor adicional (previniendo perturbaciones) a la salida de control como un offset. El resultado del cálculo PID (variable de control) dirigirá a la variable del proceso que se está controlando hacia el punto de referencia.

- **Instrucciones ASCII.** Las instrucciones ASCII de **Control de puerto** de comunicaciones usan o alteran el canal de comunicaciones para la recepción o transmisión de datos. Estas instrucciones se ponen en cola en el orden en que se ejecutan y dependen una de la otra para la ejecución. Las instrucciones ASCII de **Control de cadenas** manejan los datos de cadenas tipo string.

## 8.2 RSLINX COMMUNICATIONS SERVICE

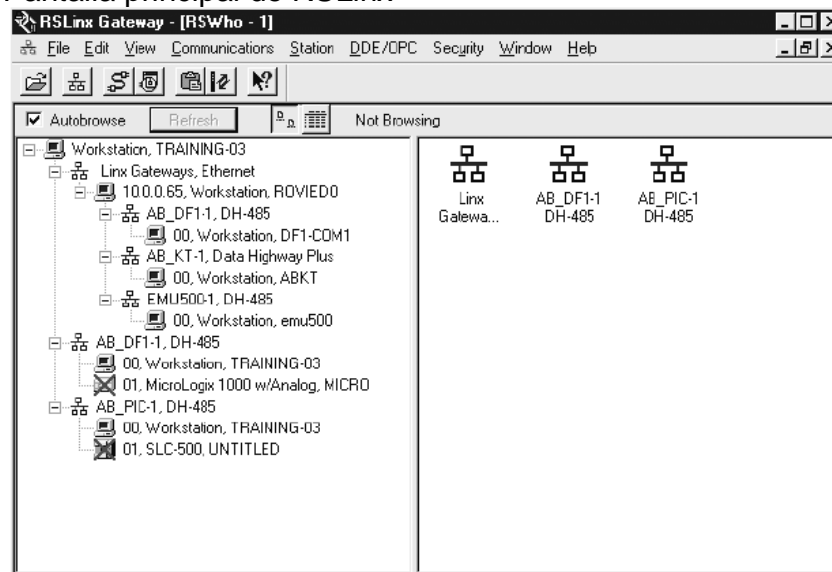
RSLinx para controladores programables Allen Bradley es un producto multifuncional. RSLinx incluye todas las funciones de Intercambio Dinámico de Datos con cualquier cliente, incluyendo Microsoft Excel y Access. Es un software de 32 bits que establece un vínculo entre las redes y dispositivos de Allen Bradley y las aplicaciones de Microsoft Windows. Para este proyecto se utilizó el software para configurar el driver (interfase de software al procesador del controlador que fue usado para comunicarse entre RSLogix y el PLC) de la PC con el fin de establecer la comunicación entre el PLC y la computadora. Es decir que la interacción entre el software de programación y el PLC no es directa, más bien se da a través del RSLinx.

En sí, este software es capaz de monitorear toda la actividad del PLC sin necesidad del software de programación, por lo que se convierte en una aplicación muy útil para el desarrollo de programas de monitoreo y control desde aplicaciones Windows, por ejemplo el desarrollo de aplicaciones en Visual Basic utilizando los datos que se registran en tiempo real en el PLC o en una red de comunicación.

La pantalla principal del software presenta la distribución de todos los dispositivos actualmente conectados, ya sea a través de una red de comunicación TCP/IP o a través de los puertos de comunicación de la PC. De manera que se podría monitorear los datos de un PLC que esté conectado en otra computadora, siempre y cuando ambas tengan asignada una dirección IP en la red.



Figura 29. Pantalla principal de RSLinx



La línea que se visualiza como “Workstation, TRAINING-03”, corresponde a la PC en la que se encuentra actualmente instalado el software. En la línea de “Linx Gateways, Ethernet”, se pueden ver todas las computadoras en red y sus respectivos dispositivos conectados. Finalmente en las líneas “AB\_DF1-1, DH485” y “AB\_PIC-1, DH485”, se muestran los dispositivos conectados a través de los puertos de comunicación de la estación de trabajo actual.

### 8.3 PROASIS DCS\_WIN 3.55

Por otro lado el Proasis DCS\_Win 3.55 es una serie de programas para la supervisión y control de procesos industriales que, funcionando en un PC compatible y bajo entorno Windows, permite comunicar con el sistema de adquisición de medidas DAS\_8000 y las gamas de indicadores y reguladores LS-300, HS-7000 y MS-5000. Permite centralizar las señales analógicas y digitales que hay en procesos industriales, gestionando alarmas, históricos, registradores gráficos y sinópticos.

Proasis DCS\_Win esta preparado para comunicar con módulos DAS\_8000 y las gamas de equipos LS-3000, HS-7000 y MS-5000.

El software trabaja instalado en un sistema informático PC compatible IBM, funcionando en Windows 32 bits, con los siguientes requerimientos mínimos:

- Windows 9x ó ME, Windows NT 4.0, Windows 2000. (NO es operativo en entornos Windows 3.x).
- Modo de Vídeo SVGA o superior, (se recomienda un modo de vídeo mínimo de 800x600 y 16 millones de colores).
- Disco duro con espacio suficiente para la creación de ficheros históricos, (recomendado un mínimo de 200 Mbytes).
- Un puerto serie RS-232 para la conexión de los equipos, dos si el ratón está conectado a uno de ellos
- Impresora local o en red.

La aplicación Proasis DCS-Win funciona en los Sistemas Operativos Windows 95, 98, ME., Windows NT, y Windows 2000, no funcionando en los antiguos Windows 3.x ó 3.11. Esta versión está compilada y preparada para entornos de 32 bits, siendo Windows 9x, ME., NT, ó Windows 2000 compatibles con esta modalidad. En los apartados siguientes se explicará la instalación sobre estos entornos. La versión 3.51 de la aplicación Proasis\_DCS-Win, es totalmente compatible con todas las versiones del módulo DAS-8000.

A nivel de software, es compatible con las versiones Proasis DCS-Win y DCS-Win, versiones 3.0, 3.1, y 3.5 no siéndolo con versiones anteriores del software Proasis DAS-Win, debido a que se ha tenido que modificar y ampliar por completo los ficheros de configuración e históricos, al contemplar nuevos dispositivos.

Se le han añadido las siguientes prestaciones respecto a la versión Proasis DCS-Win 3.5

- **Comunicación con equipos MS-500:** Se adaptan todos los programas configuración, sinópticos, supervisión y red local (LAN-Win)- para poder comunicar y registrar la nueva serie de modelos MS-5000.
- **Comunicaciones con cualquier dispositivo:** Conectado a una línea RS-485 y con protocolo MODBUS-RTU.
- **Acceso a cualquier posición de memoria:** De las series de dispositivos mencionados en estas páginas, así como de cualquier dispositivo con RS-485 y MODUB-RTU. Este acceso se realizará por medio de los dispositivos virtuales: ANALÓGICO-10 y DIGITAL-16.

- **Dispositivo Virtual ANALÓGICO-10:** Estos dispositivos permiten que el software pueda acceder a cualquier posición de memoria de los DAS-8000, LS-3000, MS-5000 y HS-7000, y, además, permite definir direcciones y posiciones de memoria de dispositivos diferentes a los mencionados, dando cobertura a cualquier dispositivo con RS-485 y MODBUS-RTU.

- **Dispositivo Virtual DIGITAL-16:** Estos dispositivos permiten que el software pueda acceder a cualquier posición de memoria de los DAS-8000, LS-3000, MS-5000 y HS-7000, así como de cualquier otro dispositivo con RS-485 y MODBUS-RTU, y tratar su memoria a nivel de bit, pudiendo detectar rápidamente estados digitales.

- **Definición de Históricos:** El funcionamiento del histórico se ha modificado con el fin de poder asociar el registro del histórico a una señal digital, de tal forma que sólo se guardará la información si la señal digital está activada.

- **Diseño de sinópticos:** Se han añadido nuevos controles que permiten insertar imágenes en movimiento (GIF animados); dibujos que representen estados digitales; que visualizarán la ventana asociada; y botones selectores, que permitirán definir un menú que active un valor o componente.

- **Nivel de Acceso por Clave:** En el programa principal, junto al indicador de la hora, se han habilitado 3 leds que indican qué nivel de acceso se tiene en función de la clave que se haya introducido. Este indicador permitirá, en aquellas instalaciones que así lo requieran, identificar rápidamente el nivel de acceso y desactivarlo en cuanto sea necesario.

- **Exportación Automática:** Esta utilidad ha sido mejorada. Ahora se podrá indicar si la exportación se efectuará sobre un único archivo, o si deberá crearse un archivo diario; si los datos exportados deberán acumularse a los de exportaciones anteriores o si deberán borrarse antes de una nueva exportación; y la hora de inicio del proceso. Sólo se exportarán los tipos de señales que estén marcados.

- **Listados Impresos:** Es posible establecer el tipo de letra que deberá utilizarse para los listados impresos del histórico. Esto permitirá una mejor personalización con el fin de evitar problemas al utilizar tipos de fuentes que un usuario no tenga instalada.

Los programas incluidos en la aplicación Proasis DCS-Win son los siguientes:

➤ **Proasis DCS-Win Configuración:** Este programa se encarga de la configuración de todos los parámetros necesarios para la ejecución del programa principal: definición de los dispositivos conectados a la línea de comunicaciones y características del históricos y asociaciones de señales analógicas o digitales para la consulta del histórico. Este programa es el principal de la aplicación Proasis DCS-Win, y se encarga de la comunicación con todos los dispositivos que haya en la configuración, recogiendo los valores de las medidas en tiempo real, así como el tratamiento de los históricos, actualizándolos con la información de los dispositivos.

Su propósito consiste en mostrar toda la información recibida, en diferentes formatos, gráficos, listados, registradores, sinópticos, alarmas, información que procederá del histórico o directamente de los dispositivos. Al igual que el programa de configuración, que si se cierra, se cancelan las comunicaciones con los dispositivos, en el programa de control y supervisión que aquí se detalla, si es cerrado no se generarán y ampliarán los históricos, y por tanto no se tendrá constancia del proceso que se esté controlando. El paso correcto si se quiere ejecutar otra aplicación diferente de Windows, es minimizar el programa, de forma que siga en ejecución por debajo de la aplicación o aplicaciones que se quieran activar.

Si se quiere que el programa se ponga en funcionamiento cada vez que entre en Windows, hacer una copia del icono del programa Proasis DCS-Win en la carpeta de Inicio. También podrá observarse sobre la aplicación, que si el menú de Visualizar está inhabilitado, indicará que no se ha definido una configuración del Sistema.

Si es el menú Históricos el que está inhabilitado, indicará que no se ha asociado un histórico a la configuración. Si ambos menús están habilitados, la configuración es correcta.

➤ **Proasis DCS-Win Sinópticos:** Programa que permite configurar las imágenes que se visualizarán posteriormente dentro del programa Proasis DCS-Win.

Se partirá de una imagen que puede ser un dibujo realizado con cualquier programa editor gráfico, o incluso una fotografía digitalizada. La aplicación Proasis DCS-Win permite como una de las formas de visualización de los datos más interesante, la representación, tanto en forma de plano o esquema de la planta o

proceso a supervisar, en forma de dibujo, como a través de una fotografía digitalizada del proceso. Este modo de visualizar los datos es mucho más intuitivo que los otros, (registro gráfico, tablas de datos, etc.), ya que permite ver las variables justo en el punto dónde se producen, así como las incidencias y alarmas con más resalte y detalle.

El programa de diseño de sinópticos trabaja con unas imágenes creadas con anterioridad, el llamado fondo. Estas imágenes pueden ser de varios formatos, los más habituales en entorno Windows. Estos formatos son:

- Bitmap, (extensión BMP).
- Gif, (extensión GIF).
- JPEG, (extensión JPG).

El programa NO diseña las imágenes, ya que será el usuario quien decida qué programa de los existentes en el mercado de edición de gráficos puede serle útil, sencillo, o esté acostumbrado a trabajar con uno ya conocido por su utilización en otro tipo de trabajos, por ejemplo, Paintbrush, CorelDraw, etc.

➤ **Proasis DCS-Win:** Programa principal de la aplicación. Es el encargado de comunicar en tiempo real con todos los dispositivos definidos en el programa de configuración. Se encarga de visualizar las variables analógicas y digitales en formato numérico o gráfico, permite también generar históricos y visualizarlos, gestionar las alarmas de proceso y visualizar los sinópticos que hayan sido previamente configurados.

- **Clave:** Programa que permite la asignación de claves de acceso reservadas, para la protección de ciertas partes de la configuración, supervisión o la finalización del programa.

- **CCCHANGE:** Programa que permite la activación del software Proasis DCS-Win para su funcionamiento sin limitaciones.

Anteriormente se describió el funcionamiento general del sistema de enfriamiento de centalsa – Cali. Este proceso puede ser entendido como tres módulos los cuales deben cumplirse para obtener agua fría chillers a la temperatura adecuada la cual es utilizada para cada una de las extrusoras de la compañía como requisito indispensable para poder mantener la producción constante.

## 9. TORRES DE ENFRIAMIENTO

La torre de enfriamiento, es un equipo ideado para enfriar al agua que ha sufrido un calentamiento sensible durante un proceso, y que generalmente se requiere reutilizar, caso en el cual se hace necesario regresarla a las condiciones a las cuales es aprovechable. También puede ser destinada a otros fines, aunque no es lo usual, e incluso a veces es desechada una vez que ha sido enfriada, para prevenir daños ecológicos.

El uso de las torres de enfriamiento se ha difundido considerablemente, en especial en países desarrollados, por las restricciones al vertimiento de aguas calientes que salen de procesos industriales, a los caudales o depósitos naturales de agua, previniendo su contaminación química o térmica.

Aunque es posibles extraer del agua caliente el calor simplemente induciendo una transferencia de tipo sensible (que puede ser agua - aire), en la realidad es mas económico aprovechar la muy elevada demanda de calor latente implícita en la evaporación de una cantidad relativamente moderada del mismo liquido. Además se obtienen temperaturas bastante inferiores. La idea esencial es entonces, sacrificar un pequeño porcentaje de caudal de agua caliente susceptible de ser reutilizado, a cambio de un enfriamiento rápido y económico del resto. Es se logra mediante la interacción directa del aire y el agua, combinados en diversas proporciones según los niveles de temperatura a manejar, la forma como ocurre el contacto entre estos dos fluidos y los elementos físicos alrededor de los cuales ocurre el proceso.

En un principio, el intercambio agua – aire fue logrado mediante estanques que fragmentaban el caudal del agua, facilitando la interacción entre dos elementos. Posteriormente se lograron mejoras con el uso de plataformas y en fin todas aquellas formas constructivas que maximizaban el contacto entre fluidos, obteniéndose temperaturas de salida del agua más cercanas a la del bulbo húmedo. Esto constituirá eventualmente la Torre Atmosférica, que aprovechaba el viento circulante en dirección cruzada con el agua descendente. Sin embargo, la dependencia de este diseño de las condiciones climáticas, llevaron a la utilización de un ventilador y alrededor de 1930 ya las torres de tiro mecánico se hicieron comunes.

Diseños orientados en otras direcciones, como tipo hiperbólico también han alcanzado popularidad, existiendo versiones tanto de tiro natural como forzado, siendo asociada este tipo de torre principalmente con los reactores nucleares.

Las torres pueden ser de muchos tipos, sin embargo el enfoque se central en un equipo de costo inicial bajo y de costo de operación también reducido.

El espacio vacío es muy grande, generalmente mayor del 90% con el fin de que la caída de presión del gas sea lo mas posible.

Como consecuencia la superficie de la interfase no solo incluye la superficie de las películas líquidas que humedecen el empaque, sino también la superficie de las gotas que caen como lluvia desde cada fila.

## **9.1 CLASIFICACIONES**

Toda torre de enfriamiento es una construcción cuyo objetivo es inducir y propiciar un intercambio de calor y masa (evaporación) entre los fluidos agua aire. Por lo tanto, siempre consta de una sección de riego que suministra el caudal a enfriar, lo destruye y fragmenta, una sección de evaporación donde se produce la mayor parte de la transferencia de calor y opcionalmente un tanque que lo recoge al final del proceso. En la inmensa mayoría de los casos, la sección evaporadora contiene elementos que proveen superficie de contacto adicional para maximizar y hacer mas efectivo el contacto agua – aire, llamado relleno evaporador. También en la mayoría se los casos, el aire es suministrado por un ventilador, que constituye una sección muy especial e importante del equipo. Con las variaciones en cada caso detalladas, las torres se clasifican como sigue a continuación.

**9.1.1 Clasificación de torres de enfriamiento según el tiro.** De acuerdo con el origen del caudal de aire que intercambia calor con el agua enfriada, una torre puede ser de tiro natural o mecánico.

**9.1.2 Torres de enfriamiento de tiro natural o atmosféricas.** Dentro de las de tiro natural encontramos las llamadas “Spray-Towers” o “Spray Filled Towers” (Torres de Aspersión), que carecen de relleno en la sección evaporadora, constituyéndole únicamente por una sección de riego contenido entre cuatro “paredes” más o menos abiertas para la recirculación de aire. En este caso, el área de transferencia de calor es la suma de la superficie de todas las pequeñas gotas de agua que caen de las boquillas hasta el tanque que las acopia, de lo anterior se deduce que la cantidad de agua en contacto con el aire depende de la

eficiencia de la aspersión, el tiempo de contacto, la elevación y la energía cinética de suministro. La aspersión del agua en este caso ayuda a crear un tiro en la dirección de caída de la misma.

Otro tipo de torre de tiro natural es construida con bandejas acomodadas una sobre otras creando pequeñas cascadas, frecuentemente vistas en nuestro medio. Utiliza el método más rudimentario de todos y en general no son recomendables por su dependencia de las condiciones climáticas. Su obsolescencia es tal que no se consideran en la literatura importante sobre el tema.

Contrariamente a lo anterior, el segundo tipo de torre de tiro natural, la torre hiperbolita, es de desempeño muy predecible. Esta se vale de la diferencia de densidad entre el aire en su interior (que obtiene su calor del agua) y el aire en el exterior, para inducir el flujo natural. Estas torres son generalmente de gran tamaño y muy costosas, construidas en materiales como concreto reforzado, cuya larga duración permite amortizar la enorme inversión gracias a que no es necesario gastar recursos en operación de los ventiladores. Son características de las centrales nucleares de generación y otras plantas térmicas de gran capacidad y generalmente la parte más visible de las mismas. En nuestro país no existen.

**9.1.3 Torres de enfriamiento de Tiro Mecánico.** Entre estas se incluyen todas aquellas cuyo caudal de aire es proporcionado por medios mecánicos, es decir por un ventilador, el cual puede estar operando en tiro forzado o inducido.

**9.1.4 Torres de enfriamiento de Tiro Forzado.** Con ventiladores generalmente acomodados a los lados en la parte inferior de la torre, los cuales presurizan obligando al aire a fluir a través de la sección evaporadora, venciendo la contrapresión estática ofrecida por esta y por los demás elementos que se encuentra en su recorrido como boquillas, paredes y eliminadores de rocío. La principal ventaja del tiro forzado es que el ventilador se encuentra en contacto únicamente con aire ambiente que ingresa a la torre, permaneciendo seco y frecuentemente más accesible y poco elevado para inspección y mantenimiento. También se acepta que la mayor turbulencia generada por la inyección de aire al interior, contribuye a una mejor transferencia de calor. La desventaja principal, que puede ser muy crítica, es su susceptibilidad a la recirculación debido a la baja velocidad de aire en la descarga (por su mayor área), y su alta velocidad en la succión del ventilador. En ciertas condiciones de aglomeración de torres o encerramiento de las mismas por escasez de espacio no son recomendables. Tradicionalmente las torres de tiro forzado han estado provistas de ventiladores centrífugos tipo FC (aleta curvada hacia adelante), aunque esta suficientemente



demostrado que los ventiladores axiales cumplen con los requerimientos a unos menores costos iniciales y de operación (gasto en potencia). Una razón de peso para el uso de ventiladores centrífugos es la instalación de esta torre en espacios interiores. A pesar de que estos consumen mucha mas potencia, por otra parte son capaces de vencer altas presiones estáticas inherentes al uso de ductos de descarga. En estas condiciones, la posibilidad de recirculación también es mucho menor.

**9.1.5 Torres de Enfriamiento de Tiro Inducido.** Es el tipo constructivo considerado mas actualizado y mas ampliamente aceptado.

Tienen una velocidad del aire en la descarga de entre tres y cuatro veces la de entrada, lo que significa una escasa posibilidad de recirculación. Diseños bien concebidos utilizan exclusivamente ventiladores axiales operando en la parte mas alta de la torre, mientras que el aire ingresa por la parte baja, bien sea a través de las paredes o tomándolo directamente debajo de la misma. En este último caso la torre se apoya sobre soportes usualmente encima del tanque colector de agua fría. Bajo el ventilador, se alojan los eliminadores de roció, que atrapan el agua de arrastrada por la corriente de aire, a fin de proteger la transmisión, rotor y carcasa, y por supuesto, de minimizar las perdidas de agua.

El ventilador operando en esta posición es altamente eficiente. Gracias a los eliminadores de gotas modernos, cuya eficiencia en la captura es muy alta, en diseños de calidad el rotor permanece prácticamente seco y protegido, al igual que la transmisión. Este tipo de torre facilita grandemente el uso de un solo ventilador por celda, lo que tiene ventajas como reducción de inventarios de repuestos, la posibilidad de transmisiones mas eficientes y duraderas como moto reductores, entre otras.

## **9.2 CLASIFICACION DE LAS TORRES DE ENFRIAMIENTO SEGÚN EL FLUJO DE AIRE**

Esta diferencia tiene que ver con la dirección y el sentido de la trayectoria del aire y el agua.

**9.2.1 Torres de enfriamiento de contra flujo.** En la torre de contra flujo, el agua desciende verticalmente al tiempo que el aire asciende exactamente en dirección contraria. Esta torre ofrece una menor exposición del agua a la luz solar, siendo menos sensible al crecimiento de algas. Es bastante popular. Existen numerosos rellenos modernos altamente adaptables a este tipo de torre, o hechos

exclusivamente para el mismo, por ser el de mayor aceptación actual. Esta torre es mucho mas compacta que la de flujo cruzado aunque generalmente mas alta. Sin embargo, para el aprovechamiento del área libre en las plantas, frecuentemente escasa, es más importante que su área sección horizontal sea mínima.

**9.2.1 Torres de Enfriamiento de flujo cruzado.** En las torres de flujo cruzado, el aire ingresa por los costados y atraviesa la sección evaporadora (relleno) siguiendo una trayectoria horizontal y perpendicular a la del agua. En estas torres generalmente el agua es distribuida por gravedad, mediante el uso de bandejas con boquillas en el fondo. Pueden ser de flujo doble o sencillo, según tome aire por uno o dos costados. Estas últimas son más apropiadas para localidades en las que el viento es altamente prevalente en una dirección específica.

**9.3 Componentes de una torre de enfriamiento.** En esta sección se describirán los principales componentes que conforman la torre de enfriamiento de contra – flujo de tiro forzado en la cual se trabajo.

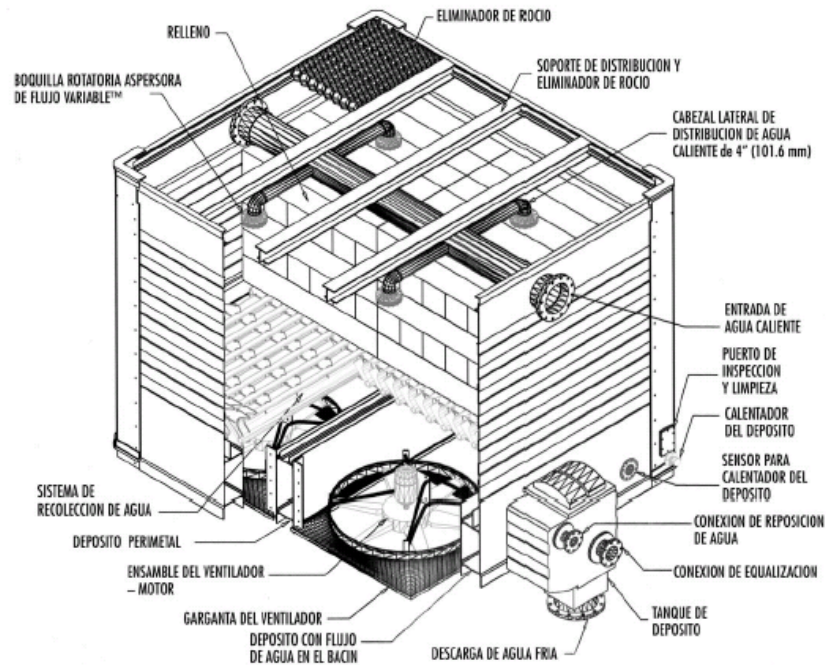
**9.3.1 Sistema de distribución de aire.** En las torres contracorriente la resistencia al flujo ascendente del aire por parte de las gotas que caen resalta en la elevada perdida de presión estática y una mayor potencia del ventilador que en flujo cruzado, las torres a flujo cruzado contienen una configuración del relleno a través de la cual el aire se mueve horizontalmente a través del agua que cae.

Las torres de enfriamiento tipo contra-flujo y tiro forzado de la serie TTxE proporcionan un funcionamiento térmico confiable en aplicaciones de cargas térmicas, ya sea constantes o variables. Su diseño modular permite una fácil interconexión para crear torres de enfriamiento de prácticamente cualquier tamaño y permite una fácil expansión de la capacidad de la torre de enfriamiento.

Tabla 22. Características únicas de diseño de la torre de enfriamiento de contra flujo operando en tiro forzado

<b>Características únicas de diseño</b>
Flujo de agua a través del bacín
Boquilla rotatoria de flujo variable
Sistema de recolección de agua
Ventilador – Motor instalados a del piso nivel

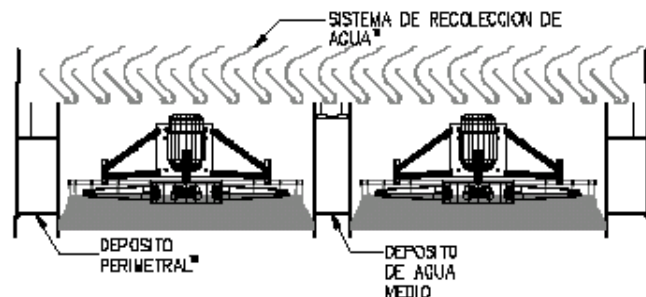
Figura 30. Descripción general torre enfriamiento



Soluciones temporales para torres de enfriamiento: Tower Tech inc. Mitla mexico: 2005. p. 8.

**9.3.2 Sistema de Recolección de agua.** El sistema de Recolección de Agua patentado de la serie TTXE funciona como una eficiente cámara de recolección y conducto para llevar el flujo de agua al depósito (Bacín) de la torre. Su inigualable diseño mueve aerodinámicamente la entrada de aire al relleno, al mismo tiempo que ofrece una barrera a prueba de goteo, lo cual protege los componentes mecánicos de la torre.

Figura 31. Sistema de recolección de agua

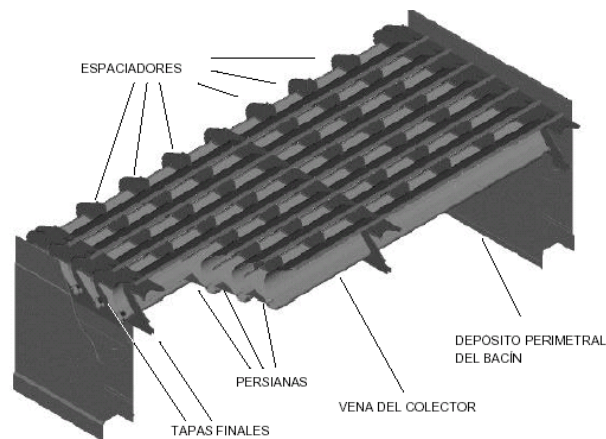


Fuente: Manual de instalación, operación y mantenimiento de la torre de enfriamiento modular serie TTXE, Ver MK900-5: Tower Tech inc. Mitla mexico: 2005. p 11.

El Sistema de Recolección de Agua de la Serie TTXE es un efectivo separador de aire-agua que funciona sin contratiempos durante periodos extendidos si se siguen los lineamientos de inspección y mantenimiento contenidos en este manual. El Sistema de Recolección de Agua soporta el peso del relleno y de la carga de agua de diseño.

El Sistema de Recolección de Agua de las torres de enfriamiento modulares Serie TTXE está diseñado de manera que los ventiladores adyacentes sean operados en pares. Así, en un módulo de cuatro ventiladores, el ventilador #1 y el #2 siempre deben operar en forma simultánea, y los ventiladores #3 y #4 siempre deben operar en forma simultánea.

Figura 32. Descripción del sistema de recolección de agua



Fuente: Manual de instalación, operación y mantenimiento de la torre de enfriamiento modular serie TTXE, Ver MK900-5: Tower Tech inc. Mitla mexico: 2005. p 98.

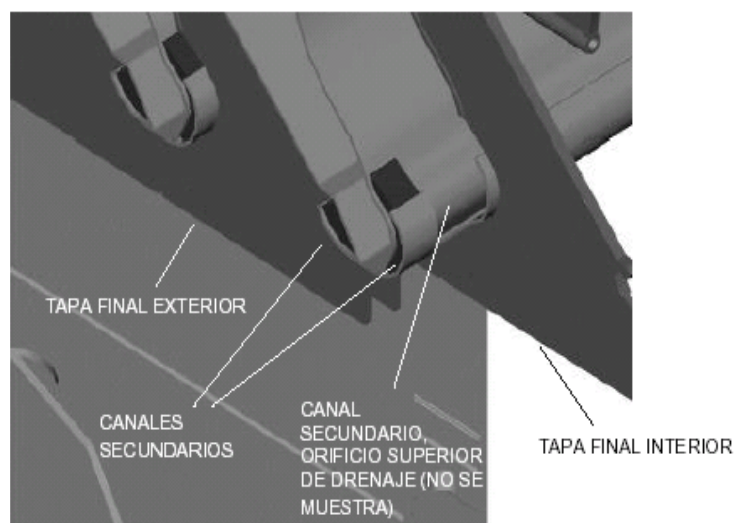
Los componentes principales del Sistema de Recolección de Agua incluyen:

- Venas del Colector: Cada recolector es de aproximadamente de 20 cm. de ancho y 36 cm. de alto, y se instala de manera transversal en el módulo de la torre. Las venas del colector son una serie de canales sobrepuestos de forma de "V" que capturan el agua fría que cae del relleno y la conducen a los depósitos perimetrales del bacín (ver figura).
- Las tapas finales ayudan a mantener unidas a las venas del colector, fijan el Sistema de Recolección de Agua al depósito perimetral del bacín y evitan filtraciones. Las tapas finales están instaladas en pares (con ~2.5" de separación)

al final de cada vena del colector. Al centro de cada vena del colector hay una tapa final instalada (ver figura).

- Los espaciadores están instalados a ~15" de distancia a lo largo de cada vena del colector y ayudan a mantener unido al Sistema de Recolección de Agua (ver figura).

Figura 33. Tapas finales, canales secundarios



Fuente: Manual de instalación, operación y mantenimiento de la torre de enfriamiento modular serie TTXE, Ver MK900-5: Tower Tech inc. Mitla mexico: 2005. p 99.

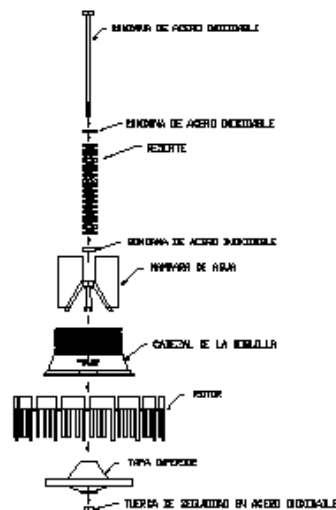
- **Canales Secundarios:** Están localizados en la sección inferior exterior de la vena del colector y están diseñados para atrapar las gotas de agua que pudieran adherirse a las superficies exteriores de la vena del colector. Si un canal secundario se tapa con basura, es posible que haya agua que no sea contenida. Es necesario revisar periódicamente los canales secundarios, visualmente y con tacto, para asegurarse de que no tengan basura.

**9.3.3 Boquilla rotatoria aspersor de flujo variable.** La Boquilla Rotatoria Aspersora variable de Tower Tech dispersa el agua del tubo de distribución al relleno. La boquilla necesita menos presión para funcionar que una convencional, prácticamente no requiere mantenimiento y mejora el funcionamiento de la torre.

La Boquilla Rotatoria Aspersora necesita menos presión del cabezal para funcionar que una convencional, pues combina un patrón de aspersión de bajo

perfil con orificios de baja presión. Además, el uso de una turbina en la boquilla para atomizar el flujo es más eficiente que el sistema de atomización usado en las boquillas comunes. La basura que obstruye a las boquillas convencionales pasa a través de la Boquilla Rotatoria Aspersora, lo cual es posible gracias a la entrada de cuatro pulgadas (101.6 mm) de la boquilla, además de la agitación de acción rotatoria ocasionada por la turbina de la boquilla, la cual gira sobre un cojinete de agua dentro de la misma. El cojinete de agua minimiza el desgaste de los componentes de la boquilla, de manera que prácticamente no es necesario darle mantenimiento. La figura muestra el diseño de la Boquilla Rotatoria Aspersora.

Figura 34. Boquilla rotatoria aspersora



Fuente: Manual de instalación, operación y mantenimiento de la torre de enfriamiento modular serie TTXE, Ver MK900-5: Tower Tech inc. Mitla Mexico: 2005. p. 87.

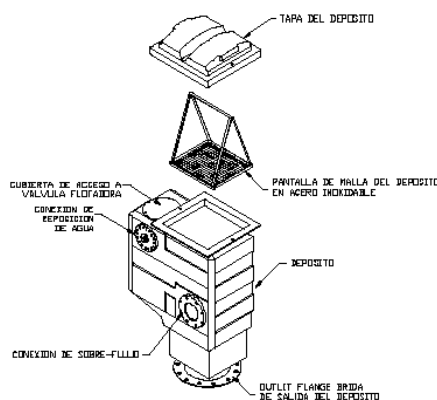
La boquilla rotatoria aspersora de Flujo Variable al relleno una uniforme distribución de agua a lo largo de una amplia gama de sistemas relleno uniforme a lo largo de una amplia gama de sistemas de flujo (380 - 1140 lpm/boquilla) a bajas presiones (0.5 – 1.5 psi). La boquilla requiere menos presión para funcionar que una convencional, casi no necesita mantenimiento y mejora dramáticamente el rendimiento de la torre.

El uso de un patrón de distribución de agua lateral radial de los aspersores permite que la boquilla se coloque a una pulgada sobre el material de relleno, lo cual ahorra varios pies de cabezal de bombeo. El rotor de la boquilla, accionado como una turbina, gira sobre un cojinete de agua que evita que se deterioren y desgasten las partes de la boquilla y proporciona la turbulencia y acción necesaria

para asegurar un servicio virtualmente libre de obstrucciones.

**9.3.4 Depósito.** A diferencia de los depósitos de agua fría de baja velocidad ó agua en condición estática usados en las torres de enfriamiento convencionales, la torre TTXE va provista de un depósito de agua perimetral patentado que sirve para la reserva de agua fría y proporciona el componente estructural en la base de la unidad. La gran velocidad del agua en los depósitos permite limpiar continuamente las paredes y la base del depósito, para eliminar la acumulación de sedimentos y de material dañino al agua lo cual es un problema muy común en los diseños convencionales. Cuenta con cuatro puertos de acceso para fácil inspección.

Figura 35. Esquema de depósito



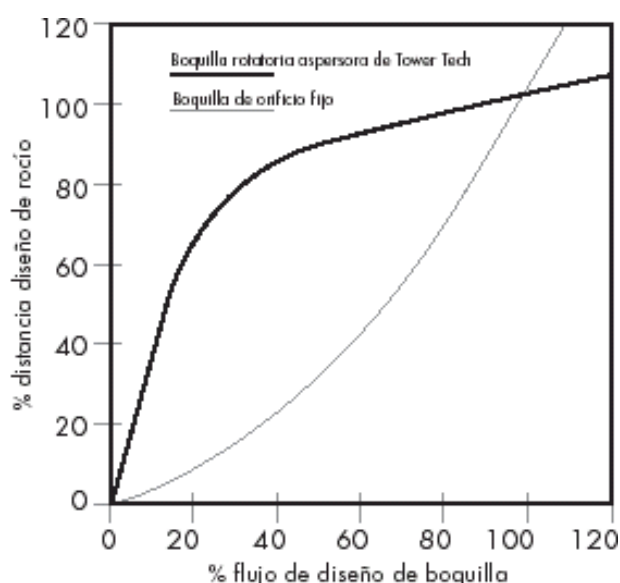
Fuente: Manual de instalación, operación y mantenimiento de la torre de enfriamiento modular serie TTXE, Ver MK900-5: Tower Tech inc. Mitla mexico: 2005. p 96.

Cada módulo de Tower Tech puede estar equipado con un depósito de salida montado (ver figura) y asegurado con bridas para sujetarlo fácilmente. El equipo estándar de cada depósito incluye una conexión de reposición de agua, una válvula mecánica con flotador, una conexión bridada de sobre- flujo/ecualización y una malla en el depósito para recoger trozos grandes de desecho que pudieran haber entrado al sistema.

La gráfica demuestra la constancia y uniformidad en el patrón de distribución de agua a diferentes intensidades de flujo con el uso de la Boquilla Rotatoria Aspersora. El orificio de la boquilla está diseñado para proporcionar un patrón cuadrado de dispersión / distribución, así empapa uniformemente todo el relleno de la torre. Este diseño mejora el funcionamiento de la torre y reduce la posibilidad de que se acumule basura debido a la existencia de partes secas dentro del

relleno. El flujo variable se logra gracias al singular orificio activado por resorte, que permite que la boquilla ajuste el patrón de distribución automáticamente según los cambios en el flujo de agua, lo cual optimiza en gran medida el mal funcionamiento que presentan los diseños de boquillas convencionales. A diferencia de las torres comunes, que requieren de una reducción real en el uso de las celdas cuando disminuye el sistema de flujo, la tecnología única TTXE permite que cuando disminuye el flujo, este se distribuya de manera uniforme sobre toda el área de relleno. Lo anterior se traduce en una maximización en la capacidad de enfriamiento y en eficiencia de energía bajo requerimiento de cargas parciales.

Figura 36. Distancia de roció de la boquilla Vs flujo



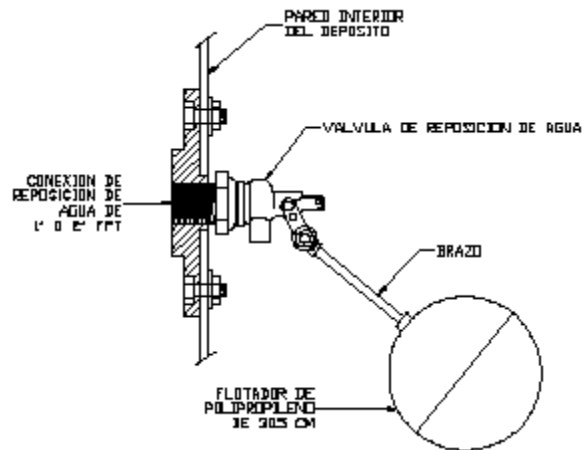
Fuente: Manual de instalación, operación y mantenimiento de la torre de enfriamiento modular serie TTXE, Ver MK900-5: Tower Tech inc. Mitla mexico: 2005. p 15.

**9.3.5 Conexión de reposición / válvula con flotador.** La Torre de Enfriamiento Modular Serie TTXE puede incluir una válvula con flotador de bronce de una o dos pulgadas (ver figura). La conexión es de tipo hembra (Nacional Pipe Thread) (FNPT). Todos los componentes de la válvula están hechos de bronce o de acero inoxidable. La brida de conexión está hecha de plástico de alta calidad para eliminar la corrosión.

La máxima presión de operación de la válvula es 25 psi. Si su presión de operación excede los 25 psi, será necesario utilizar un reductor de presión. La tubería de reposición de agua debe contener un dispositivo anti- sifón/interruptor antes de la conexión del depósito.



Figura 37. Válvula mecánica con flotador



Fuente: Manual de instalación, operación y mantenimiento de la torre de enfriamiento modular serie TTXE, Ver MK900-5: Tower Tech inc. Mitla mexico: 2005. p 13.

**9.3.6 Motores.** Los motores de los ventiladores de la Serie TTXE son de alta eficiencia, de 8 polos, tipo inducción, (inverter duty), de impulso directo con aislamiento Clase F (mínimo). Las opciones de tamaño de motor por ventilador son 3.0 HP, 5.0 HP y 7.5 HP. El tamaño del motor depende del modelo de la torre y de las condiciones de diseño que se requieran. Todos los motores son totalmente cerrados (TEAO) con un factor de servicio de 1.15 y están equipados con cojinetes sellados L10 (100,000 horas). Todos los motores funcionan a 860 RPM. Figura presenta una imagen del motor montado a la garganta del ventilador (ver Tabla para datos del motor).

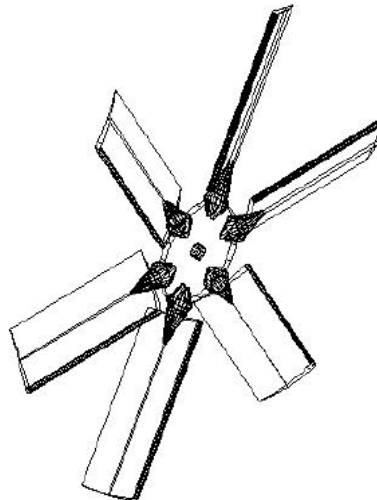
Tabla 23. Descripción técnica de motores

Fabricante	HP	Tamaño marco	Voltajes y amperajes 230/460	efectividad
U.S. Electrical Motors	3.0	213T	11.2/ 5.6	82.5%
U.S. Electrical Motors	5.0	215	17.0 / 8.5	82.5%
U.S. Electrical Motors	7.5	215	25.0 / 12.5	82.5%

**9.3.7 Ventiladores.** Todas las Torres de Enfriamiento Modulares de la Serie TTXE utilizan ventiladores axiales de alta eficiencia y diseño aerodinámico (ver figura 10).

Las aspas de los ventiladores son fabricadas con fibra de vidrio reforzado de alta resistencia y polipropileno, están sujetas por mamelones hechos con una aleación de aluminio y silicón. Las aspas de alta eficiencia del ventilador son de paso ajustable, lo cual permite ajustarlas a diferentes ángulos para permitir un mejor funcionamiento. Después de la instalación, los ventiladores son ajustados para permitir un espacio nominal de 6 mm de las puntas en la garganta del ventilador. Las tolerancias mínimas de balance están basadas en el estándar ISO TC/108, DR 1940. Se utiliza un grado de balance A G6.3.

Figura 38. Ventilador 9WR de 6 Aspas

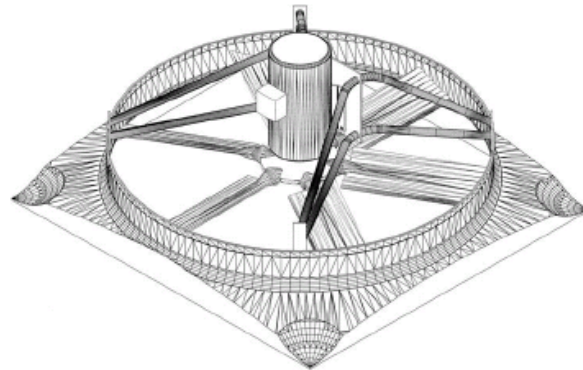


Fuente: Manual de instalación, operación y mantenimiento de la torre de enfriamiento modular serie TTXE, Ver MK900-5: Mitla mexico: 2005. p 19.

Los ventiladores de Tower Tech utilizan aspas de material termoplástico moldeado con un diseño aerodinámico único que genera un flujo de aire uniforme, turbulencia mínima y mayor eficiencia en el sistema. Las aspas de paso ajustable y los mamelones ligeros y resistentes, hechos de una aleación de aluminio y silicón, simplifican los ajustes en campo. El control de calidad y las tolerancias de los extremos de las aspas aseguran la mayor eficiencia del sistema. El soporte del motor tubular en acero inoxidable da mínima turbulencia, menor ruido del ventilador y ayuda a mantener en buen funcionamiento del equipo mecánico. La estructura perimetral (Garganta) del ventilador es de alta precisión y es fabricado con técnicas de fibra de vidrio moldeado a mano. Está diseñado para proporcionar una entrada suave y libre de aire (óptimo r/d) a la máxima velocidad.

Gracias al uso de la fibra de vidrio, esta estructura perimetral (Garganta) es muy ligera y resistente a la corrosión.

Figura 39. Diseño de ventiladores/ aspas



Fuente: Manual de instalación, operación y mantenimiento de la torre de enfriamiento modular serie TTXE, Ver MK900-5: Tower Tech inc. Mitla mexico: 2005. p 20.

La Serie TTXE utiliza tres diferentes modelos de ventilador y varían de acuerdo a la potencia del motor (ver Tabla 24).

Tabla 24. Modelos de ventiladores

Potencia	No. De aspas	Angulo de inclinación (en Grados)	Perfil del aspa
3.0 HP	4	23	7WR
5.0 HP	8	27	7WR
7.5 HP	6	22	9WR

Manual de instalación, operación y mantenimiento de la torre de enfriamiento modular serie TTXE, Ver MK900-5: Mitla mexico: Tower Tech inc. 2005. p. 22.

**9.3.8 Garganta del ventilador.** La garganta del ventilador usada en las torres de la Serie TTXE está fabricada con técnicas de fibra de vidrio moldeada a mano. El diseño único y óptimo del radio proporciona una entrada suave de aire al ventilador, lo cual aumenta la eficiencia y reduce así costos de energía. Gracias a que está construida de fibra de vidrio, la garganta es muy ligera y resistente a la corrosión.

Figura 40. Garganta del ventilador



Fuente: Manual de instalación, operación y mantenimiento de la torre de enfriamiento modular serie TTXE, Ver MK900-5: Mitla mexico: Tower Tech inc. 2005. p 21.

**9.3.9 Eliminadores de Roció y Relleno.** Las torres de la Serie TTXE están equipadas con cinco pies (1524 mm) de Relleno corrugado cruzado rígido tipo “panal de abeja”, fabricado en película de PVC de 10 milésimas de espesor. Este relleno es resistente a la degradación biológica y a la mayoría de los químicos (alcaloides o ácidos inorgánicos y orgánicos) comunes en los sistemas de torres de enfriamiento. La relación entre la gran área superficial y el volumen proporciona un óptimo intercambio de calor. La caja de la torre TTXE puede ser equipada con diferentes configuraciones y tipos de relleno para satisfacer cualquier demanda de calidad de agua; los ingenieros de Tower Tech ofrecen evaluaciones alternativas de capacidad térmica. Además del PVC, las torres de la Serie TTXE ofrecen la opción de relleno HPVC para usarse con aplicaciones de “agua muy caliente” a temperaturas entre 130 -155 °F (55 – 70 °C). La Serie TTXE ofrece también la opción alternativa de material de 15 mil de espesor.

Las torres de la Serie TTXE están equipadas con eliminadores de carga de PVC en forma sinusoidal de baja presión (10 milésimas de grosor final). Estas celdas de alta eficacia (pérdida por arrastre de <0.002%) hacen que el flujo de aire saliente se mueva en tres direcciones diferentes, lo cual ocasiona que las gotas de humedad choquen y se acumulen en las áreas de la superficie superior. El material de PVC que se utiliza para la construcción es virtualmente resistente a corrosión, descomposición o daño biológico. La vida de la torre es prolongada gracias al inhibidor ultravioleta fabricado dentro del producto.

**9.3.10 Comodidad en aire acondicionado y Usos Industriales.** Por lo general, las aplicaciones de agua limpia a agua de calidad media se beneficiarían del uso de un relleno de corrugado cruzado con acanalado estándar para minimizar la

posibilidad de taponaduras y mantener la eficiencia en el funcionamiento (ver Tabla 3 para referencia de datos sobre relleno de corrugado cruzado de 19 mm). Generalmente, la elección de CF-1900 es más conveniente cuando:

- El total de los sólidos suspendidos (TSS) es <25 PPM (TSS <100 PPM cuando la actividad bacteriana es muy baja).
- El agua de reposición proviene de fuentes no contaminadas.
- Existe un buen control biológico y de acumulación de basura.
- Los ciclos de concentración son bajos.

**9.3.11 Plantas de Papel y Fundiciones Acereras.** Las aplicaciones con menor calidad de agua pueden requerir un relleno de corrugado vertical para minimizar la posibilidad de taponamientos. Dichas aplicaciones pueden tener mayores niveles de TSS (>500 PPM sin límite máximo, 1000 PPM cuando haya aceite o grasa, o cuando no haya control biológico), el agua de reposición es de aguas externas, el control biológico o de acumulación de basura es pobre y/o hay presencia de aceite o grasa (hasta 25 PPM) en el agua recirculante (ver Tabla 3 para referencia de datos sobre relleno de corrugado vertical de 38 mm).

Tabla 25. Características del relleno

Atributo	19mm Relleno de Ondulado Cruzado	38mm relleno de ondulado verticalmente
Espesor de hoja (sustantivo)	10 mil estándar, 15 mil opcional	12 mil estándar, 15 mil opcional
Materia l	PVC estándar, HPVC opcional	PVC estándar, HPVC opcional
Estándar longitud del tronco del relleno	72 pulgadas (1800 mm)	72 pulgadas (1800 mm)
Estándar profundidad del tronco del relleno	12 pulgadas (300 mm)	24 pulgadas (600 mm)
Estándar anchura del tronco del relleno	12 pulgadas (300 mm)	24 pulgadas (600 mm)
Área de superficie	48 pies <sup>2</sup> /pies <sup>3</sup>	40 pies <sup>2</sup> /pies <sup>3</sup>
Calificación de la extensión de llama <)	5 (ASTM E-84	<10 (ASTM E-84)
UV inhibidor	Sí	Sí

**9.3.12 Materiales de construcción.** La estructura de la Serie TTXE de Tower Tech es ensamblada de origen y construida totalmente de fibra de vidrio y acero inoxidable, lo cual se traduce en una carcasa y armazón sumamente rígidos y resistentes al deterioro y a la corrosión.

No tiene componentes galvanizados ni de madera que permitan la filtración de químicos perjudiciales para el medio ambiente. Las paredes están unidas por medio de juntas de acoplamiento y selladas con un sellador de poliuretano para prevenir filtraciones ó fugas. Se utilizan sujetadores ó pernos de acero inoxidable con tornillos recubiertos (en áreas húmedas) para fijar las paredes y asegurar un funcionamiento libre de filtraciones en condiciones a presión. La subestructura de la torre está certificada para zonas sísmicas hasta la Zona 2.

Tabla 26. Características de materiales de construcción de la Torre

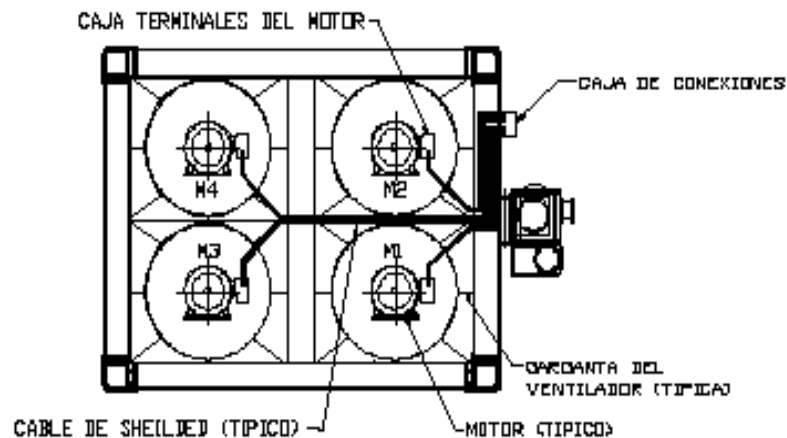
Componente	Material
Esquinas de cierre	FRP (pultruido)
Carcasa	FRP(pultruido)
Relleno	10 mil PVC
Eliminadores de rocío	15 mil PVC
Boquilla rotatoria aspesora (inyección moldeada)	HDPE & ABS
Distribuidor o Cabezal lateral	PVC
Sistema de Recolección de agua	ABS (inyección moldeada & extraída)
Patas o Soportes Inferiores	FRP (pultruido)
Paredes Intermedias	PVC (extraído)
Soporte Modular de la Base	Nylon (inyección moldeada)
Perímetro o Garganta del Ventilador	Fibra de Vidrio moldeada a mano
Depósito de Agua de Reposición	PP (molde rotatorio)
Puertos de Inspección	Nylon (inyección moldeada)
Tornillería o Pernos	304 Acero Inoxidable de sujeción
Tubo de Entrada	PVC (inyección moldeada)
Soporte del Ventilador	304 Acero Inoxidable

**9.3.13 Cableado de energía y control.** El cableado del área al módulo debe apegarse a las estipulaciones del Reglamento Oficial Estadounidense para Instalaciones Eléctricas (NEC, por sus siglas en inglés), la Dirección General de Normas (ANSI, por sus siglas en inglés) ANSI/Nacional Fire Protección Association No.70 (en Estados Unidos). La unidad debe estar eléctricamente conectada a tierra de acuerdo a lo estipulado por el NEC y/o especificaciones locales.

Existe la opción de pre-cableado en fábrica de cada motor a la caja de conexiones o a un interruptor de tipo rotatorio localizado al final del módulo de la torre. Si se especifica esta opción, los motores tendrán un pre-cableado con blindado 12-4 AWG, excepto que el 10-4 AWG se usa para motores de 230 Vol. y motores de

7.5 HP. El cableado utilizado en todas las torres es marca Olflex, compatible para VDF (Variadores de Frecuencia), resistente al aceite y cable flexible. La figura 12 muestra la disposición del pre-cableado opcional.

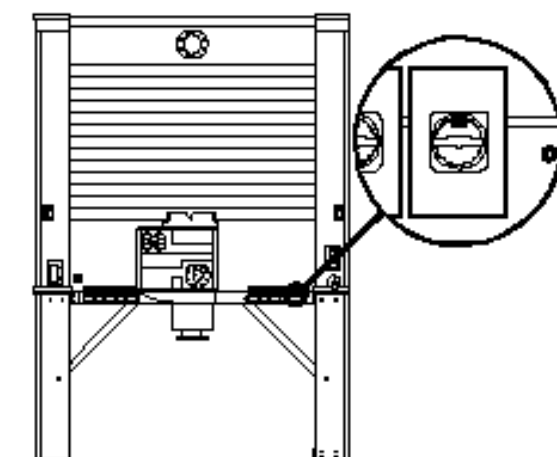
Figura 41. Disposición de cableado típico



Fuente: Manual de instalación, operación y mantenimiento de la torre de enfriamiento modular serie TTXE, Ver MK900-5: Mitla mexico: Tower Tech inc. 2005. p 24.

Tower Tech ofrece la opción de interruptores manuales compuestos de encapsulado NEMA 4 de fibra de vidrio con contactos auxiliares para monitoreo remoto (ver figura).

Figura 42. Interruptores manuales tipo opcionales

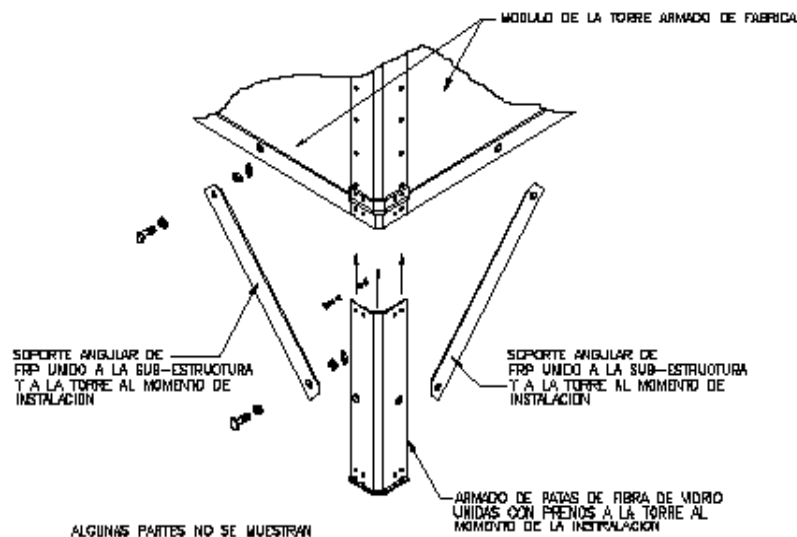


Fuente: Manual de instalación, operación y mantenimiento de la torre de enfriamiento modular serie TTXE, Ver MK900-5: Mitla mexico: Tower Tech inc. 2005. p 24.

**9.3.14 Juego de Patas.** Tower Tech ofrece una sub-estructura pultruída de fibra de vidrio conectada a cada esquina del módulo de la torre (ver figura 14). Dicha sub-estructura está certificada para soportar vientos de 129 kph o para zonas sísmicas 1 y 2. Tower Tech también ofrece subestructuras certificadas para vientos de 193 kph o para zona sísmica 4. La sub-estructura se fija por medio de cojinetes de nylon reforzado directamente a superficies de acero, muelles o bloques de concreto. Se utilizan grapones para fijarla al perímetro del depósito y así dar un soporte rígido.

Como regla general, una mayor altura de las patas mejora el mejoramiento de la torre porque aumenta el área de entrada del aire. Aumente la altura de las patas si hay obstrucciones cerca de la torre que reduzcan el flujo de aire a la misma. No obstante se recomienda evitar una altura excesiva debido a consideraciones estructurales. Las estructuras que generalmente se utilizan miden 1.83 m. En cuanto a entradas de aire mayores a 2.43 m de altura es recomendable utilizar un método de instalación con patas de 30 cm montadas sobre una superficie elevada.

Figura 43. Subestructura de la torre



Fuente: Manual de instalación, operación y mantenimiento de la torre de enfriamiento modular serie TTXE, Ver MK900-5: Mitla mexico: Tower Tech inc. 2005. p 29.

El juego de patas incluye:

- Patas de fibra de vidrio pultruído (de 30, 122, 183 y 244 centímetros de altura)



- Cojinetes
- Soportes angulares (no necesarios para las patas de 30 cm)
- Tornillería (Pernos) para armado

## **9.4 EQUIPO OPCIONAL**

### **9.4.1 Controles del Motor**

Tower Tech cuenta una línea completa de accesorios opcionales para el motor diseñados para las Torres de Enfriamiento Modulares Serie TTXE. Los paneles de control opcionales para el motor se entregan completos y listos para instalarse de inmediato. Los paneles sólo necesitan alimentación de energía para el interruptor principal y conexiones a la caja de conexiones pre-cableada o a los interruptores individuales del motor.

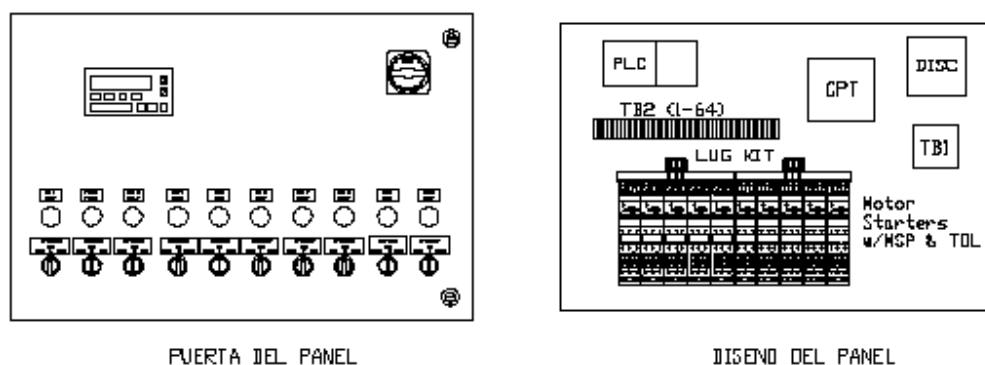
El panel de control opcional para el motor está equipado con un interruptor principal que se cierra con llave e interruptores individuales con función manual-automático para cada motor del ventilador. Cada combinación interna de arrancador de motor/protector ajustable de sobrecarga tiene un circuito interruptor integral que se cierra con llave para aislar al motor de manera individual. El panel de control se entrega totalmente pre-cableado junto con un transformador y fusible para controlar la energía. Se entregan tableros de control para la alimentación principal de energía y para las conexiones individuales del motor del ventilador Y para las entradas y salidas de cualquier control externo. El encapsulado estándar para el panel de control opcional del motor es clasificado NEMA 4, empacado y una caja de acero recubierta y aislada para colocarse en una placa. El panel puede equiparse con un dispositivo PLC pre-programado y de control de temperatura para controlar los ciclos del ventilador o un controlador de frecuencia variable remoto. Existen muchas otras opciones como contactos auxiliares para monitoreo de alarma y automatización del control de la interfaz.

Este panel de control también incluye la opción de un Controlador Lógico Programable (PLC) que se programa para controlar los ciclos de los ventiladores de la torre de enfriamiento y mantener la temperatura deseada del agua fría, misma que es registrada por un operador a través del panel. El PLC proporciona una señal de 4-20 milliamp o de 0-24 V para controlar un Controlador de Frecuencia Variable (VDF) externo. Cuando se cierra un Contacto seco en el VDF, las bobinas del arrancador del motor están activadas y el PLC da la señal de control al VDF para mantener la temperatura deseada del agua fría registrada en el panel de interfaz.

Si el VDF tiene un by-pass para mantenimiento o de transmisión, el contacto normal se abre, el PLC desactiva las bobinas del arrancador y el PLC mantiene la temperatura fijada en el control del ciclo del ventilador.

Si el usuario de la torre desea controlarla por medio de un Sistema de Automatización, se recomienda que dicho sistema controle al VDF por medio de sus propios sensores de temperatura y de ajustes iniciales. El cierre del contacto en el VDF al PLC de la torre seguirá iniciando los arrancadores del motor e iniciará el control VDF, pero no habrá salida del PLC al VDF. El apagado del VDF pondrá al PLC en el mismo control de ciclos del ventilador que en la secuencia anterior. Esto otorga un control autónomo de la torre de enfriamiento en caso de que falle el Sistema de Automatización o el VDF. Siempre que se utiliza una entrada del VDF al panel de control debe proporcionarse un circuito separado de 120 V para el control de la energía dentro del panel.

Figura 44. Paneles de control de motores tipos para 10 ventiladores



Fuente: Manual de instalación, operación y mantenimiento de la torre de enfriamiento modular serie TTXE, Ver MK900-5: Mitla mexico: Tower Tech inc. 2005. p. 32.

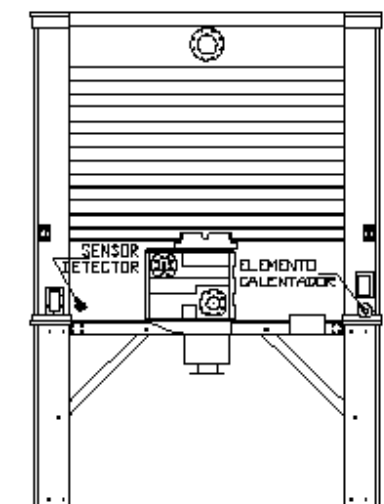
Tower Tech entrega un esquema completo del cableado con los paneles de control. Se asigna un número de proyecto a los paneles y a los requerimientos de cableado de la torre encargados especialmente para fácil identificación. El pre-cableado opcional de fábrica utiliza 12-4 AWG aislado, con la excepción de 10-4 AWG que se usa con motores de 7.5 HP de 230 volt. Todo el cableado de la torre es marca *Alfa*, compatible con VDF, flexible y resistente al aceite.

**9.4.2 Calentador inmerso en el bacín.** Tower Tech ofrece un calentador de inmersión del bacín opcional para utilizarse durante el invierno. El calentador de inmersión del bacín estándar tiene un encapsulado impermeable y anti-corrosión. La unidad de control es un controlador y un detector (sensor de temperatura y nivel del agua) pre-programado a 7°C.

El panel de control abarca el control de la temperatura electrónica/nivel de flujo del líquido, el transformador de control del voltaje y el interruptor magnético utilizado para dar o quitar energía al calentador (o calentadores). El panel de control es UL calificado NEMA 4 capaz de controlar hasta dos unidades de calentamiento.

Ambos calentadores deben colocarse dentro del mismo bacín de agua, igual que el detector de temperatura-sensor para evitar la posibilidad de un incendio. Ver la ubicación del calentador de inmersión del bacín y del detector en la Ilustración.

Figura 45. Localización del calentador de inmersión del bacín y del sensor



Fuente: Manual de instalación, operación y mantenimiento de la torre de enfriamiento modular serie TTXE, Ver MK900-5: Mitla mexico: Tower Tech inc. 2005. p 34.

Tower Tech ofrece un paquete calentador pre-diseñado para las Torres de Enfriamiento Modulares Serie TTXE. Cada paquete incluye:

- Calentador de inmersión eléctrico estándar de acero inoxidable
- Panel de control UL listado en esquineros NEMA 4
- Sensor/detector de nivel de agua y temperatura
- Diagrama de cableado
- Instrucciones de instalación y operación
- Bridas necesarias para el detector y el calentador pre- instalados en la torre

**9.4.3 Sensor ultrasonico de nivel de liquido.** Como alternativa a la válvula mecánica de flotador estándar de Tower Tech existe el sensor ultrasónico del nivel de líquido opcional. El sensor del nivel de líquido/transmisor debe montarse en una zona inactiva, como la extensión de un depósito vertical de agua localizado fuera de la línea de ecualización de la torre para obtener mediciones más exactas.

## 10. ANALISIS Y RESULTADOS

En este capítulo se explicará detalladamente el diseño que se implementó en la Central de Enfriamiento de Centelsa. Antes de entrar en detalle es importante mencionar que el sistema de control se desarrolló en un PLC Allen Bradley principalmente por las siguientes razones: es un producto de muy buena calidad, existe buen soporte técnico por parte de la empresa proveedora del producto. Por otra parte la empresa ya contaba con este PLC para la implementación de este sistema, además la compañía cuenta con muchos sistemas ya automatizados con productos de marca Allen Bradley.

Sin embargo es importante mencionar características de PLC marca Allen Bradley como lo es el Micrologix 1500 (ver tabla) frente al Simatic S7-200 CPU – 214 (ver Apéndice), puede notarse que el PLC de Allen Bradley es más robusto que el Siemens, por las siguientes razones: posee mayor capacidad de memoria, mayor cantidad de entradas y salidas digitales (tipo rele), mayor capacidad de acoplar módulos de expansión (hasta 8), control PID, dos puertos, más capacidad de comunicar con otros dispositivos.

Es importante señalar que ya existen módulos de entradas y salidas analógicas necesarios para el control por temperatura de los tanques de la central de enfriamiento de Centelsa. Sin embargo no se implementó dicho sistema de esta manera ya que la compañía contaba con un módulo de adquisición de señales analógicas y digitales llamado DAS\_8000, el cual fue en primera instancia uno de los requerimientos del cliente su implementación para este proceso, ya que este módulo maneja su propio software de gestión para el manejo de sinópticos y manejo de históricos en cuanto a entradas y salidas del sistema programadas por medio de este módulo.

Antes de comenzar con la explicación de diseño implementada en la central de enfriamiento de Centelsa, es importante mencionar algunos aspectos que intervinieron en la decisión de adquirir algunos componentes claves (sensores tipo boya, termopozos tipo J), en el capítulo 6 se describió el "hardware" utilizado en este proyecto. Se seleccionó sensores tipo boya para detectar tanto niveles bajos como niveles altos en los tanques de agua fría de la torre, y agua caliente de la torre, esto ya que estos sensores facilitan el montaje y basta con seleccionar un rango de inclinación de referencia dependiendo el cableado de conexión del sensor para poder activar o desactivar un contacto en este caso alimentado a 24V

DC, además este sensor es muy utilizado no solo en la compañía sino en todo el ambiente industrial para aplicación donde requiera sensor nivel gracias a que es un dispositivo muy robusto y fácil de adquirir y ante todo muy económico. En la tabla 27 se muestra todas las características del sensor utilizado.

En cuanto a los sensores de temperatura, se considero que fueran termopozos tipo J, y no termocuplas, ya que en la etapa de pruebas en el sistema de presentaron algunos inconvenientes para sensor temperatura con las termocuplas, ya que estos tanque son muy altos y manejan turbulencia por medio de la tubería que lleva el agua a cada uno de estos tanque gracias a las bombas distribuidoras de agua.

Por esta razón se trabajo con termopozos tipo J, ya que son mas robustos a los cambios por razones de turbulencia y otro factores, además son ideales para esta aplicación ya que las encontramos de diferentes longitudes y son mucho mas fácil de utilizar en cuando a la instalación en cada uno de los tanques que conforman el sistema de enfriamiento, hay que tener en cuenta que este tipo de sensores responden mucho mas lentos que las termocuplas tradicionales ya que estás se encuentran en el interior de una carcasa la cual es asegurada en el interior del tanque. Adicionalmente se utilizaron termopozos tipo J ya que las termocuplas tipo J y tipo K son las mas utilizadas en la industria. Las termocuplas tipo J se usan principalmente en la industria del plástico, goma (extrusión e inyección) y fundición de metales a bajas temperaturas (zamac, Aluminio).

La termocupla K se usa típicamente en fundición y hornos a temperaturas menores de 1300°C, por ejemplo fundición de cobre y hornos de tratamientos térmicos.

Las termocuplas R, S, B se usan casi exclusivamente en la industria siderurgia (fundición de acero) Finalmente las tipo T eran usadas hace algún tiempo en la industria de alimentos, pero han sido desplazadas en esta aplicación por los Pt100.

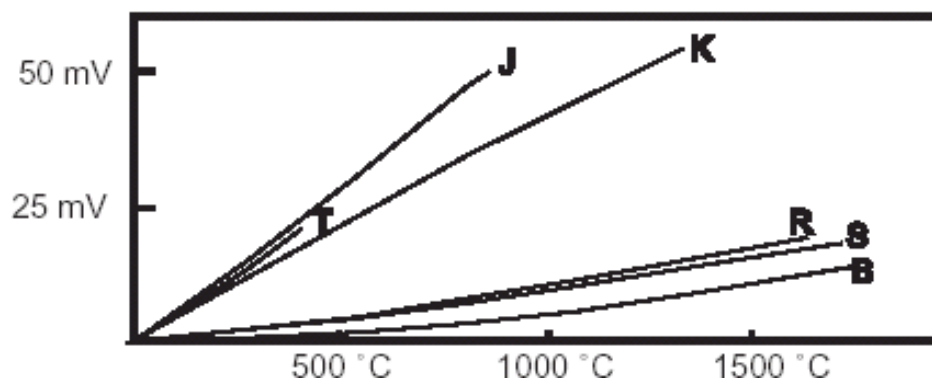
Tabla 27. Características de termocuplas

<b>Tc</b>	<b>Cable + Alineación</b>	<b>Cable – Alineación</b>	<b>°C</b>	<b>Rango (min., máx.) mV</b>
J	Hierro	Cobre/ níkel	(-180, 750)	42.2
K	níkel/cromo	Níkel/ aluminio	(-180, 1372)	54.8
T	Cobre	Cobre/ níkel	(-250, 400)	20.8

R	87% Platino 13% Rhodio	100% platino	(0, 1767)	21.09
S	90% Platino 10% Roído	100% platino	(0, 1767)	18.68
B	70% platino 30% Rhodio	94% platino 6% Roído	(0, 1820)	13.814

La linealización dependen entre el voltaje entregado por la termocupla y la temperatura no es lineal (no es una recta), es deber del instrumento electrónico destinado a mostrar la lectura, efectuar la linealización, es decir tomar el voltaje y conociendo el tipo de termocupla, ver en tablas internas a que temperatura corresponde este voltaje.

Figura 46. Linealización de tipo de termocuplas



Fuente: Características de termocuplas. [En línea] Santiago, Chile. ARIAN, 2005. [Consultado 15 de diciembre de 2007]. Disponible en Internet: <http://www.arian.cl>.

El principal inconveniente de las termocuplas es su necesidad de "compensación de cero". Esto se debe a que en algún punto, habrá que empalmar los cables de la termocupla con un conductor normal de cobre.

Recordemos que el PLC instalado cuenta con 12 entradas y 12 salidas tipo rele. Las salidas tipo rele se utilizaron para activar y desactivar contactores que arrancan o apagan los 4 motores y las respectivas bombas del sistema de enfriamiento, las cuales son:

- BAT7/8
- BAT4/5
- BAT1/2

En cuanto a las bombas, no se realizo ninguna selección ya que se continuó trabajando con las existentes.

## **10.1 EXPLICACION DEL DISEÑO**

El nuevo sistema de control y monitoreo para la torre de enfriamiento TOWER TECH y bombas distribuidoras de agua fría chillers, se desarrollo en forma modular, es decir el sistema de control por temperatura para la torre de enfriamiento se realizo a través del modulo de adquisición de datos DAS\_8000, este modulo envía información al PLC Micrologix 1500 el cual realiza todo el control del sistema, además el modulo de adquisición de señales analógicas intercambia información con un PC el cual esta instalado en las oficinas de mantenimiento planta 1 , logrando visualizar todas las variables que intervienen en el proceso en tiempo real como lo son: (temperatura de operación de cada tanque, estado del sensores de nivel, ventiladores en funcionamiento en la torre de enfriamiento, selección de bombas, etc.), permitiendo el manejo de históricos por motivos de tener estadísticas acerca del proceso.

En segunda instancia se programo el modulo DAS\_8000 para realizar la función de controlar la velocidad de los motores acoplados a las bombas distribuidoras de agua fría chillers, a continuación se mencionan los dos módulos implementados por medio del modulo de adquisición de datos DAS\_8000 para la realización del control:

Por medio del modulo de adquisición de datos DAS\_8000 se implemento el control por temperatura, este dispositivo se programo referente al sensor de temperatura ubicado en el tanque de agua fría de la torre, ya que es este tanque es la salida de la torre de enfriamiento y por esta razón se decide tomar como referencia los cambio de temperaturas en este tanque, después de analizar toda la información arrojada durante el estudio sobre las diferentes temperaturas que estaba sometido el sistema de enfriamiento durante las 24 horas del día se decide seguir una estrategia de control sobre el tanque de agua de salida de la torre de enfriamiento.

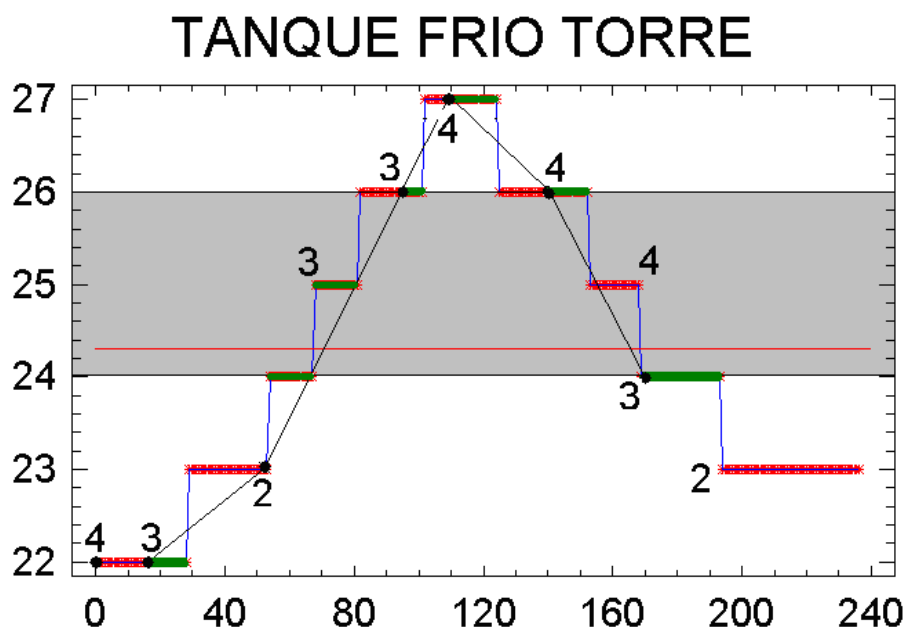
En la tabla #1 (ver anexos) se muestra una caracterización detallada sobre el comportamiento de cada uno de los tanques que conforman el sistema de enfriamiento de centelsa, con una frecuencia de grabación de 3 minutos las 24 horas del día, con base a esta información se decide trabajar con una banda de operación normal de la torre de enfriamiento, la cual corresponde de 24 a 26C, inicialmente al realizar el estudio se concluyo que la respuesta del sistema es muy lenta ya que al apagar un ventilador de la torre de enfriamiento el sistema tardaba



aproximadamente 30 minutos en aumentar un grado C en el tanque de agua fría de salida de la torre de enfriamiento, por esta razón la estrategia de control tiene unos temporizadores los cuales van a estar chequeando las entradas del PLC entregadas por la salidas del modulo de adquisición de datos DAS\_8000 cada 10 minutos, de acuerdo al estado de estas entradas se tomara la decisión de apagar o prender algún ventilador de la torre de enfriamiento.

La estrategia de control de diseño de la siguiente manera (ver figura).

Figura 47. Estrategia de control tanque de agua fría salida torre de enfriamiento



Se toma una banda de operación normal de la torre de enfriamiento la cual corresponde de 24 a 26C, cuando la temperatura de salida de la torre de enfriamiento se encuentre en esta banda de operación no se realiza ninguna acción de control es decir no se apaga ni se encienden ningún ventilador, y se activa un temporizador el cual estará temporizando durante un tiempo de 10 minutos, al concluir este tiempo se chequea nuevamente la temperatura del tanque de agua fría de la torre, si la temperatura se encuentra por debajo de 24C, se apagara el primer ventilador, y se activada un temporizador durante 10 minutos, después se chequearan nuevamente las entradas provenientes del sensor si la temperatura sigue cayendo o se mantiene por debajo de 24C, se tomara la decisión de apagar otro ventilador, y se activara un tercer temporizador por el mismo tiempo al activarse este y la temperatura sigue por debajo de los 24C se


apagara el tercer ventilador, y este se mantendrá encendido así la temperatura siga cayendo.

Al empezar a aumentar la temperatura y teniendo un solo ventilador encendido se empezara a agregar ventiladores de la misma manera como se apagaron, es decir mientras la temperatura de este tanque se encuentre en el rango de 24 a 26C es sistema quedara con los ventiladores que están trabajando, y si la temperatura del tanque de agua fría empieza a subir se agregaran ventiladores y se activara el temporizador durante un tiempo de 10 minutos, hasta dejar encendido los 4 ventiladores.

Después de tener el diseño de la estrategia de control que se implementara a la torre de enfriamiento para realizar control por temperatura al tanque de agua fría de salida y de esta manera realizar acción de control sobre sus ventiladores se procedió a programar el modulo de adquisición de datos DAS\_8000 teniendo en cuenta lo anterior, este modulo me entrega como salida un código binario dependiendo la temperatura de operación del tanque de agua fría, ya que este modulo me permite programar un entrada análoga proveniente del sensor ubicado en el tanque de agua fría de salida de la torre el cual pertenece a un termopozo tipo J, y enlazarlo con una alarma y posteriormente visualizarlo por medio de una salida digital, la cual es recibida a la entrada del PLC Micrologix 1500.

En la siguiente figura se observa la elección de los sensores de entrada al modulo de adquisición de datos DAS\_8000, para este caso fueron seleccionado tempozos tipo J para cada uno de los tanques del sistema de enfriamiento, y sus respectivas ubicaciones en las entrada analógicas del modulo.

Figura 48. Declaración de entradas analógicas para el sistema de enfriamiento

Entradas Analógicas   Entradas/Salidas Digitales   Alarmas   Contadores   Linealización										
		<b>Entradas Analógicas</b>								Grados en: <input checked="" type="radio"/> Centígrados <input type="radio"/> Fahrenheit
Canal	Tag	Tipo	Mínimo	Máximo	F.Picos/ Overflow	Filtro de Medias	No. de Decimales	Offset	Medida	Unidad Física
1	TANQUE CALT TE2	J	0	200	No/No	2	0	81		C
2	TANQUE FRIO TE1	J	0	200	No/No	2	0	81		C
3	TANQUE CALT AF1	J	0	200	No/No	2	0	81		C
4	TANQUE FRIO AF2	J	0	200	No/No	2	0	78		C
5	TEMP OUT IMEC	J	0	200	No/No	2	0	80		C
6	TEMP OUT 1Y2	J	0	200	No/No	2	0	80		C
7	TEMP OUT 3	J	0	200	No/No	2	0	80		C
8		Off	0	0	No/No	0	0	80		C

### 10.1.1 Declaración de la información

- **Tag:** cada uno de los 8 canales puede ser identificado con un nombre o etiqueta de referencia, que será utilizado posteriormente en otras partes del programa para identificar canales en los diferentes procesos de la aplicación, su uso es opcional, la cantidad máxima de caracteres es de 15.
- **Tipo de entrada:** cada uno de los canales utiliza un tipo de entrada en función del tipo de señal que llega hasta las entradas analógicas.

Los diferentes tipos que permite seleccionar son los siguientes:

- Entrada lineal (10 - 50mV o 4 - 20mA)
  - Entrada Pt-100. según la norma s/IEC-751 (DIN-43760)
  - Entrada lineal (0-20mA. O 0-50mV)
  - Entrada de mA procedente de un convertidor no linealizado Termopar tipo T
  - Entrada de mA procedente de un convertidor no linealizado Termopar tipo J
  - Entrada de mA procedente de un convertidor no linealizado Termopar tipo K
  - Entrada de mA procedente de un convertidor no linealizado Termopar tipo E
  - Entrada de mA procedente de un convertidor no linealizado Termopar tipo N
  - Entrada de mA procedente de un convertidor no linealizado Termopar tipo S
  - Entrada de mA procedente de un convertidor no linealizado Termopar tipo R
  - Entrada de mA procedente de un convertidor no linealizado Termopar tipo B
  - Curva de linealización configurable por el usuario
  - Entrada inactiva OFF
- 
- **Mínimo y máximo:** estos valores establecen la escala con que trabajara el canal, estas escalas se pueden modificar en cualquier momento y con cualquier valor, quedando el canal ajustado automáticamente.
  - **Filtros de picos y limitación de indicador (overflow):** desde software se tiene la posibilidad de habilitar un filtro de picos que internamente tiene el modulo DAS\_8000. además, se permite la posibilidad de que indique con los mensajes UNDE y OVER los rebosamientos de la indicación por debajo, (UNDE) y por encima.
  - **Offset:** valor numérico que se sumara o se restara al valor de entrada para realizar pequeñas correcciones en la indicación de la medida sin alterar las constantes de calibración.

- **Filtros de medida:** valor numérico entre 0 y 7. el valor de 0 indica que no se tiene filtro de medidas y el valor de 1 al 7 ira incrementando el filtraje de la señal de entrada.

- **Numero decimales:** valor numérico variable entre 0 y 3 que afecta a todos los parámetros del canal, (medidas, escalas, consigna e histéresis, offset, etc.).

Si el tipo de entrada es Pt-100, el número de decimales queda asignado a 1 automáticamente y no se puede modificar. Si el tipo de entrada es Termopar, el número de decimales queda asignado a 0 automáticamente y no se puede modificar.

- **Unidad física:** unidad física de ingeniería que se asocia al canal, permite 6 caracteres alfanuméricos.

- **Selección de unidades de temperatura:** este botón de opción permite seleccionar el tipo de unidades físicas que se utilizaran para la medición de temperatura: Grados centígrados o Grados Fahrenheit.

Hay que tener en cuenta que la unidad que se prefije en este apartado se adoptara para todos los canales de temperatura del modulo DAS\_8000.

**10.1.2 Entradas/ Salidas digitales.** La ficha correspondiente a las entradas/salidas digitales esta formada por un conjunto de datos agrupados en 1 matriz de celdas separadas, que hacen referencia cada una de ellas al tipo de señales que se van a configurar, (8 entradas lógicas y 8 salidas lógicas).

En la figura se observa de distribución de entradas y salidas utilizadas en el monitoreo y control del sistema de enfriamiento de centelsa.

Figura 49. Declaración de entradas y salidas digitales sistema de enfriamiento

Entradas Analógicas   Entradas/Salidas Digitales   Alarmas   Contadores   Linealización									
Entradas			Salidas						
Canal	Tag	Estado	Tag	Tipo DO	Salida Inversa	Seguridad Activa	Estado Seguridad	Estado Inicial	Estad
1	ESTADO VENT_3		CODIGO VENTIL	Local	No	Sí	On	Off	
2	ESTADO VENT_4		CODIGO VENTIL	Local	No	Sí	On	Off	
3	FLOTADOR TORRE		REF AGUA AF2	Local	No	Sí	On	Off	
4	ESTADO_BAT7		OUT TEMP IMEC	Local	No	Sí	On	Off	
5	ESTADO_BAT8		OUT PLANTA	Local	No	Sí	On	Off	
6	ESTADO VENT_1		OUT PLANTA 3	Local	No	Sí	On	Off	
7	ESTADO VENT_2			Local	No	Sí	On	Off	
8				Local	No	Sí	On	Off	

- **Tag:** cada una de las entradas lógicas como las 8 salidas lógicas pueden ser identificadas con un nombre o etiqueta de referencia, que será utilizado posteriormente en otras partes del programa para identificar las entradas y/o salidas digitales en los diferentes procesos de la aplicación.
- **Local:** controlada por el mismo DAS\_8000 a través de parámetros asociados a la alarma.
- **Remota:** la salida digital es controlada exteriormente e independientemente del DAS\_8000 por el ordenador.
- **Salida Inversa:** campo donde se le indica a la alarma si la salida digital va a ser invertida con respecto a la alarma o no.
- **Seguridad Activa:** campo que solo actúa si la alarma esta en modo remoto, y donde se le indica a la salida digital si se ha activado el Watch-Dog de comunicaciones, (debido a que no ha habido comunicación entre el DAS\_8000 y el ordenador en 30 segundos).
- **Estado de seguridad:** campo donde se le indica a la alarma en que estado quedara la alarma si ocurre una de las 2 siguientes situaciones:
  - **Detención de sonda rota:** si se esta en alarma Local, y se detecta problemas en la entrada debido fundamentalmente a la ruptura del sensor, falta de sonda, etc., El convertidor A/D del DAS\_8000 se satura, visualizándose en el display ERR\_1, y la alarma quedara en el estado que se le indique.

➤ **Seguridad Activa:** si se esta en acción remota, se ha activado el Watch\_Dog de comunicaciones y el flan de seguridad activa esta activado, la alarma tendrá el estado que se le indique al apartado.

- **Estado Inicial:** campo donde se le indica a la alarma solo si esta configurada como remota en que estado quedara la salida digital cuando ocurra una de las siguientes situaciones:

- Se arranque el programa
- Se active el watch-dog de comunicaciones, y el flag de seguridad activa este en OFF.

**10.1.3 Alarmas programadas.** la ficha correspondiente a la configuración de las alarmas esta formada por un conjunto de datos agrupados en 1 matriz de celdas separas, que hacen referencia cada una de ellas al tipo y parámetros de alarma

Figura 50. Declaración de alarmas digitales sistema de enfriamiento

Alarmas										
								DI de Reconocimiento :		0
								DO de Reconocimiento		0
Alarma	Habilitada	Tipo de Alarma	AI	Medida	Consigna	Histéresis	DI	DO	Estado	Retardo
1	Sí	Ventana	2		12	12	0	1		0
2	Sí	Ventana	2		13	13	0	2		0
3	No	Off	0		0	0	0	0		0
4	No	Off	0		0	0	0	0		0
5	No	Off	0		27	2	0	0		0
6	Sí	Ventana	4		19	5	0	0		0
7	Sí	Ventana	5		19	5	0	0		0
8	Sí	Ventana	6		19	5	0	0		0

- **Habilitada:** este campo sir esencialmente para detener temporalmente una alarma, si se quiere dejar definitivo, hay que anular.

- **Tipo de alarma:** en este campo se le indica a la alarma si se anula o no, y si esta activada, el tipo de alarma, existen varias posibilidades:

- Off (alarma desactivada)
- Alarma de mínimo sin reconocimiento
- Alarma de máximo con reconocimiento

- Alarma de ventana sin reconocimiento
- Alarma de mínimo con reconocimiento
- Alarma de máximo con reconocimiento
- Alarma de ventana con reconocimiento
- Alarma de ventana invertida sin reconocimiento
- Alarma de ventana invertida con reconocimiento

- **Entrada Analógica (AI):** valor numérico entre 0 y 8. el valor de 0 indica que no tiene asignado canal analógico en la alarma. un valor entre 1 y 8 asigna a este canal analógico al n de alarma donde se este realizando la edición.

- **Consigna (SP):** valor numérico que indica el punto donde la alarma pasara de un estado al otro.

- **Histéresis:** valor numérico que indica la cantidad que se le ha de añadir o restar a consigna, (en función del tipo de alarma), para que la conmutación de estados tenga un tiempo margen.

- **Entrada Digital:** valor numérico entre 0 y 8. el valor de 0 indica que no tiene asignado canal de entrada digital de inhibición. Un valor entre 1 y 8 asigna este canal de entrada digital al n de alarma donde se esta donde se este realizando la edición.

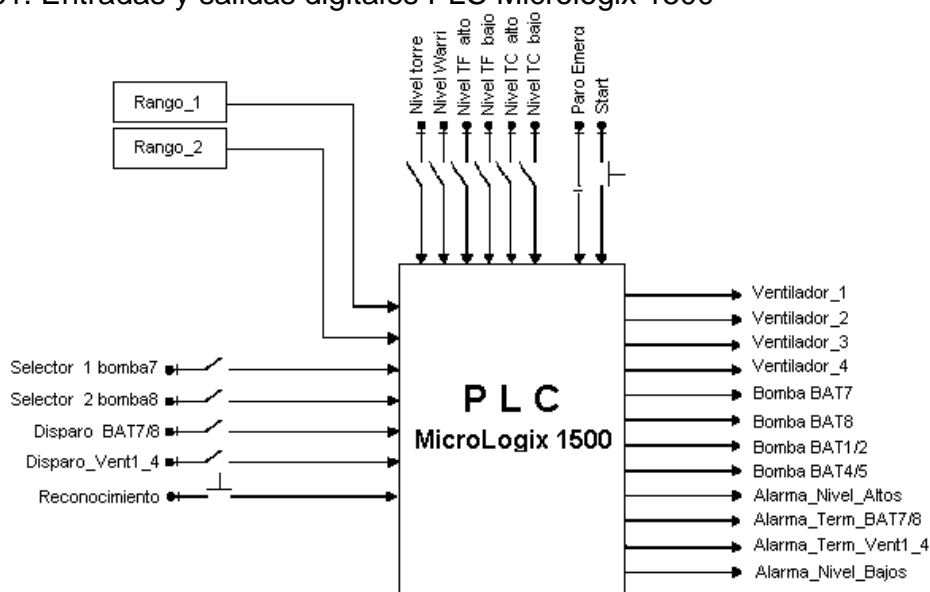
Esta entrada sirve para inhabilitar la salida digital mientras este activa. Su uso es útil para bloqueos manuales de estados de alarma, se puede repetir este canal de entrada para todas las alarmas, utilizándose de este modo como una entrada general de inhabilitación.

Las decisiones de control son tomadas con base al código binario entregado a través del modulo de adquisición de datos tomando como referencia la lectura del sensor ubicado en el tanque de agua fría de la torre, por medio del PLC Micrologix 1500, en la siguiente (figura) se muestra el diagrama general de automatización implementado para el sistema de enfriamiento de centelsa.

En las entradas del PLC Micrologix 1500 se conectan las salidas provenientes del modulo de adquisición de datos DAS\_8000 que corresponden a un código binario de dos bits que sus respectivas combinaciones dependen únicamente de la temperatura que toma el sensor en el tanque de agua fría de salida de la torre que

esta ubicado en la entrada analógica numero 2 del modulo DAS\_8000, las demás entradas del PLC corresponden a señales provenientes de sensores de nivel, selectores y pulsadores que definen el estado de alguna condición de salida, mientras que las salidas se conectan a rele a 24V los cuales activaran contactores los cuales realizan acciones de control sobre los ventiladores de la torre de enfriamiento TOWER TECH, y bombas distribuidoras de agua fría.

Figura 51. Entradas y salidas digitales PLC Micrologix 1500



Ya que el modulo de adquisición de datos DAS\_8000 fue programado por medio de 2 alarmas las cuales se activan o se desactivan tomando como referencia la entrada analógica numero 2, la cual corresponde al termopozo ubicado en el tanque de agua fría de salida de la torre de enfriamiento, la primera alarma fue programada del tal modo que esta trabaja con un nivel fijo de consiga el cual es 12 y un nivel de histéresis que corresponde a 12, la alarma numero 2 tiene como condiciones de trabajo un nivel de consiga de 13 y un nivel de histéresis 13, al programar el modulo con estos valores de alarmas obtendremos para la primera alarma una salida digital a través de la salida (DO-1), y para la segunda alarma una salida digital por medio de la salida (DO-2).

Al programar en el modulo DAS\_8000 estas dos alarmas con salidas digitales (D0 1, y D0 2), con estas características de consiga e histéresis, se garantiza obtener una combinación digital de dos bits la cual corresponde a un banda de operación normal de la torre de enfriamiento (ver tabla), en este caso de acuerdo con los datos arrojados durante la toma de temperaturas durante un mes (ver anexos), se



concluyo que el rango de operación normal de la torre de enfriamiento TOWER TECH corresponde de 24 a 26C.

Tabla 28. Combinación de salidas digitales las cuales corresponde a un código binario

Salida 1 (D0 -1) 24C	Salida 2 (D0 - 2) 26C	Efecto
0	0	Temperatura del tanque de agua fría esta por encima de 26C.
0	1	Temperatura del tanque de agua fría esta en el rango de operación normal de la torre de enfriamiento de 24 a 26C.
1	0	Combinación no valida, ya que 26 contiene al 24
1	1	Temperatura del tanque de agua fría se encuentra entre 0 – 24C.

En la figura 5 se muestra el diagrama de distribución de componentes en el sistema de enfriamiento de centelsa (sensores de nivel, termopozos tipo J, contactos, selectores), el sistema anterior no registraba esta información, el nuevo sistema registra estas cantidades, en el nuevo sistema se instalaron por tanque 2 sensores de nivel tipo boya, los cuales tendrán como función controlar nivel alto y nivel bajo en cada uno de los tanques, y de esta manera enviar señal de control a cada una de las bombas distribuidoras.

**10.1.4 Hardware y Software.** Actualmente la industria se está desarrollando claramente hacia estándares abiertos: ODBC, INTEL PC, sistemas estándares de gráficos, e interconectividad a sistemas de computación corrientes. En años recientes ha aparecido en el mercado un importante número de sistemas SCADA sobre plataformas INTEL PC, ya que éstas están aumentando rápidamente su capacidad y desempeño.

Para la elaboración de este proyecto se realizo un sistema SCADA por medio del software de gestión del equipo de adquisición de datos DAS\_8000, A través del programa Proasis DCS Win\_ Sinópticos.

El hecho es que las tareas automatizadas de control, como visualización y computación pueden ser efectuadas por el PLC (conectados en red mediante los módulos adecuados), en este caso el sistema SCADA de monitoreo y

visualización se realizó por medio del módulo de adquisición de datos, este módulo cumple con la tarea de monitorear y entregar los datos de las variables involucradas en el proceso en tiempo real a través del supervisor el cual fue programado mediante el software de gestión Proasis DCS\_Win 3.55 mediante la tarea de sinóptico y posteriormente enlazado al programa Proasis DCS\_Win 3.55 configuración.

Los sistemas SCADA están constituidos esencialmente por el Hardware, que generalmente es una red de controladores y estaciones remotas de adquisición de datos para este caso el módulo llamado DAS\_8000. El corazón de un sistema SCADA está en el "Software SCADA" como lo es Proasis DCS Win 3.55, que es el encargado de supervisar y controlar el Proceso a través del Hardware de control, generalmente el software SCADA trabaja conjuntamente con un PLC o una red de PLC. Este software permite supervisar el proceso desde un microcomputador, así como realizar las acciones de control a través del PLC, controlador o sistema de control.

La mayoría de Software para la Automatización Industrial se ejecuta bajo Microsoft Windows NT, 98 y 2000 como lo es el caso del paquete que contiene Proasis DCS Win \_3.55. Los cuales deben proveer una interfaz gráfica para su proceso, ya sea como Interfaz Humano Máquina (HMI: "Human Machina Interfase"), o como un sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA).

En la siguiente figura se muestra el diagrama general del sistema de enfriamiento de centelsa implementado mediante el sistema SCADA por medio del módulo de adquisición de datos DAS\_8000 a través del software de gestión Proasis DCS\_Win 3.55 y el PLC MicroLogix 1500.

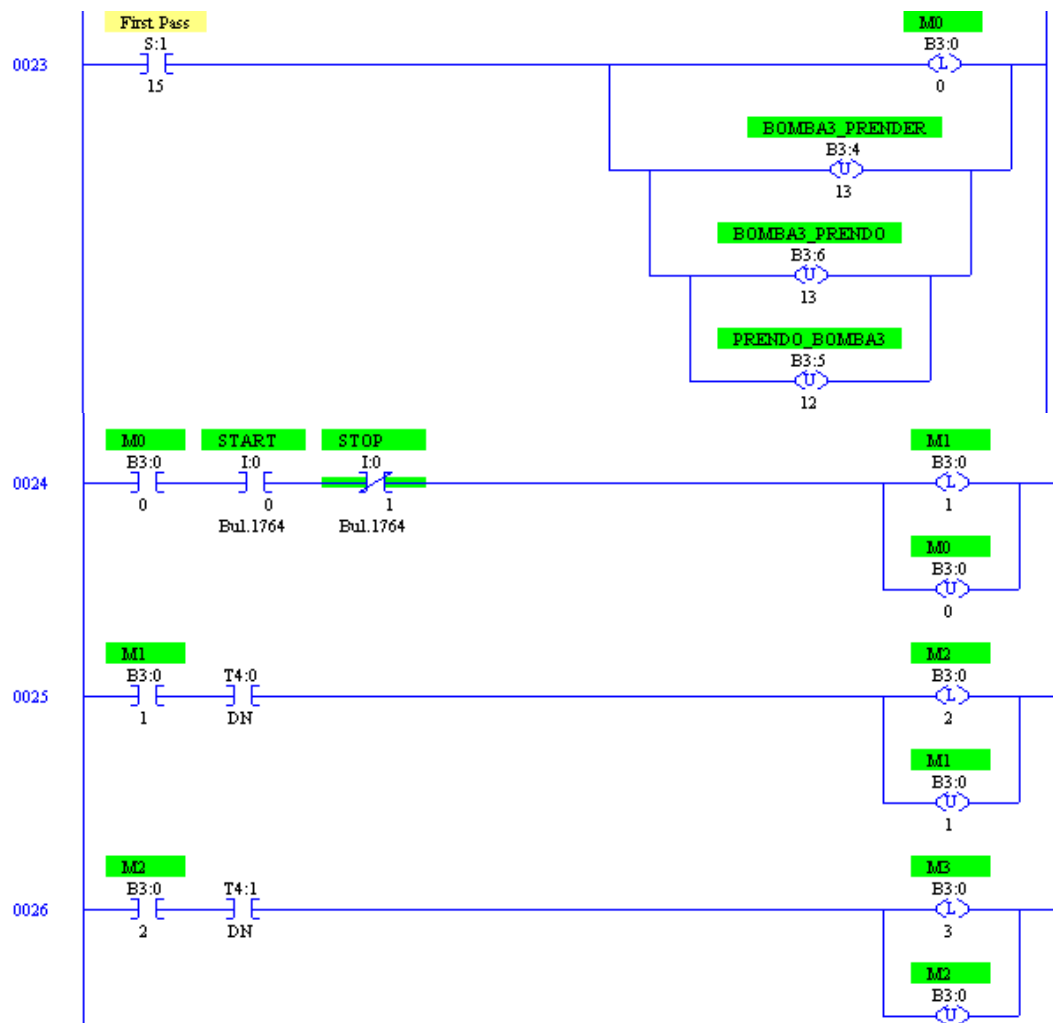
Figura 52. Esquema supervisor implementado para monitorear el sistema de enfriamiento de CENTELSA



## 10.2 PROGRAMACION DIAGRAMA ESCALERA PLC MICROLOGIX 1500

En la figura se muestra el diagrama de escalera encargado de controlar los ventiladores de la torre de enfriamiento TOWER TECH por medio del control por temperatura.

Figura 53. Diagrama escalera para inicio del sistema

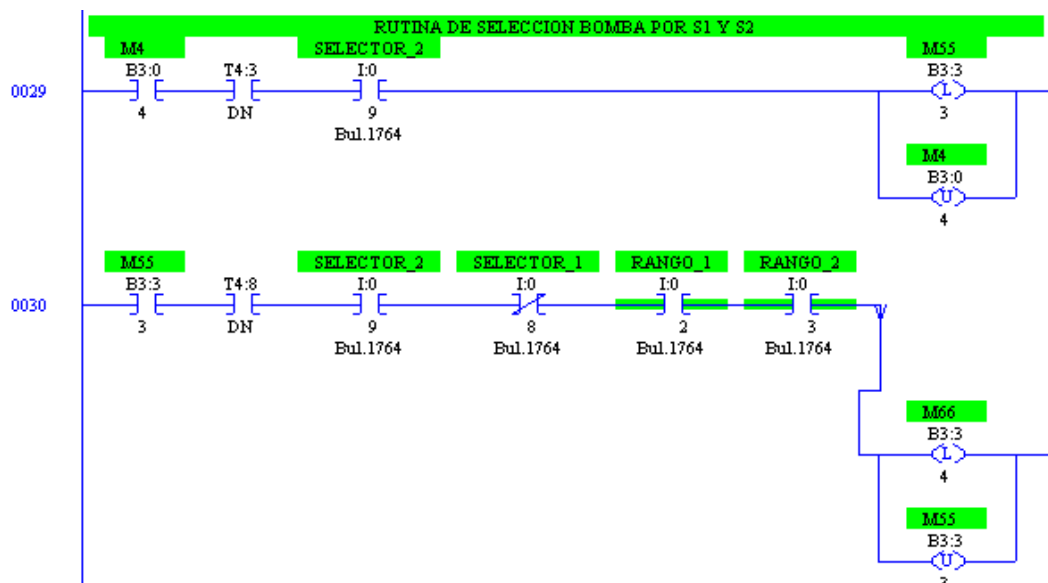


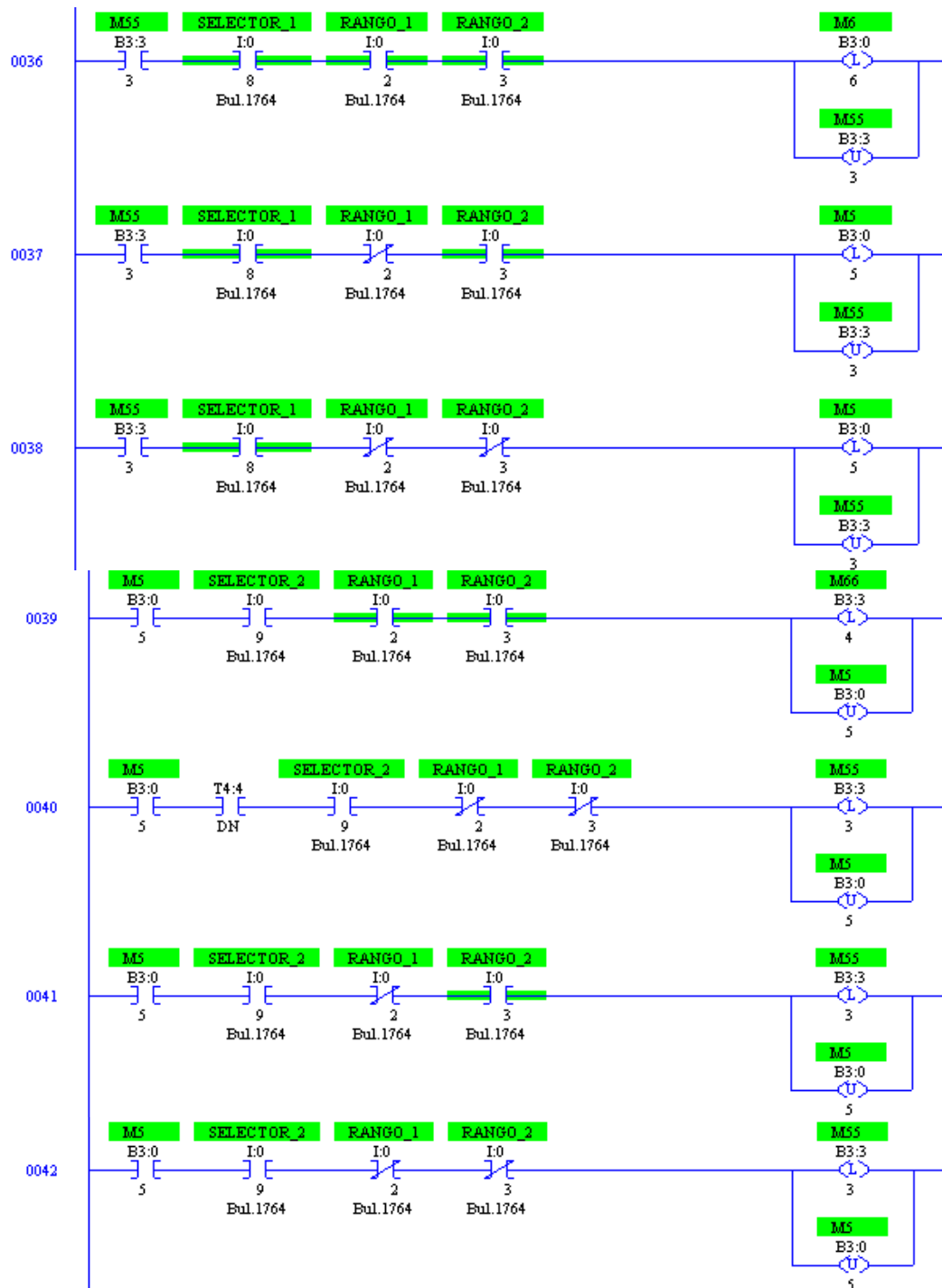
Inicialmente se resetean todas las memorias utilizadas durante la programación del algoritmo de control por medio de un bits que por defecto inicia en 1 para este caso es llamado First pass y su dirección es S: 1/15, para garantizar que todas las memorias inicien con un valor de cero y no con posibles valores erróneos los cuales pueden afectar nuestro programa en el transcurso de su secuencia.

Los temporizadores T4:0 hasta T4:3 son utilizados con un tiempo de temporización equivalente a 5 seg., los cuales se utiliza cada uno para encender los ventiladores uno a uno secuencialmente una vez recibido el pulso de Start (inicio secuencia automática), esto con el fin de garantizar no un arranque muy duro el cual pueda traer como consecuencia uno picos de corriente muy elevados a la hora de encender todos los ventiladores al tiempo.

**10.2.1 Selección de bombas BAT7/8.** En la figura se muestra el diagrama escalera que se encarga de controlar las situaciones bajo las cuales se desea activar o desactivar las bombas 7 y 8, para alternar el trabajo de alguna de estas, esto con el fin de que al realizar mantenimiento preventivo, una de las dos pueda quedar trabajando mientras la otra este fuera de servicio.

Figura 54. Diagrama escalera para la selección de bombas 7 y 8



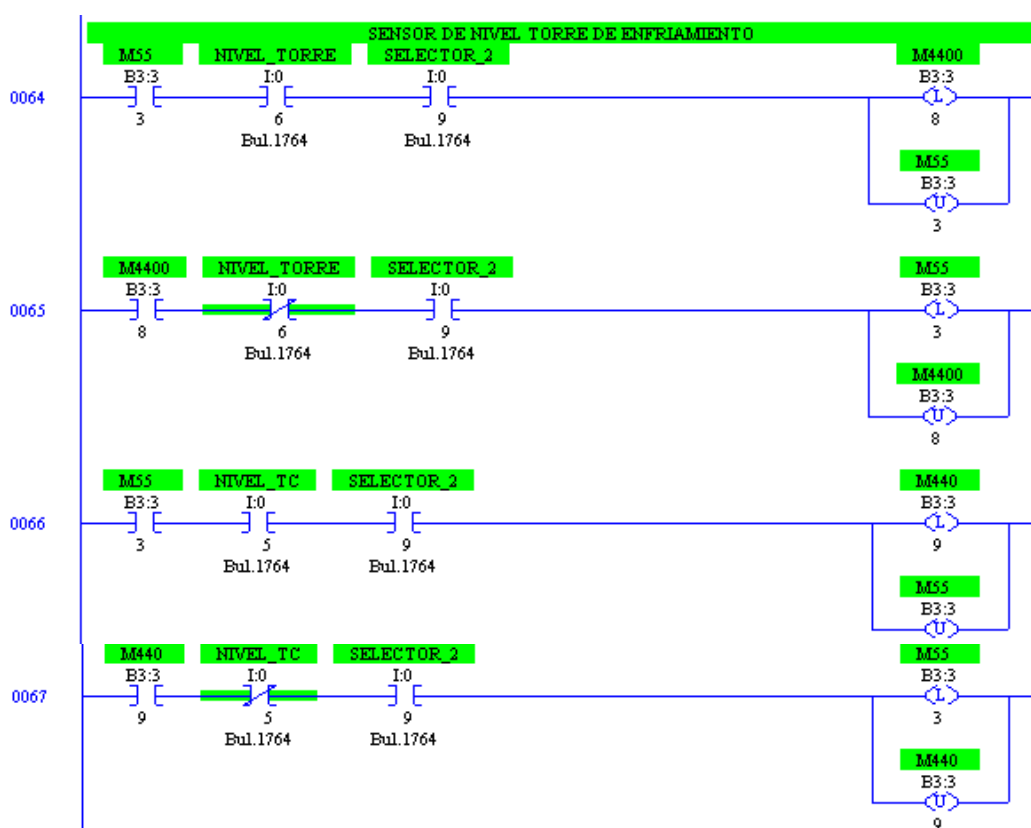


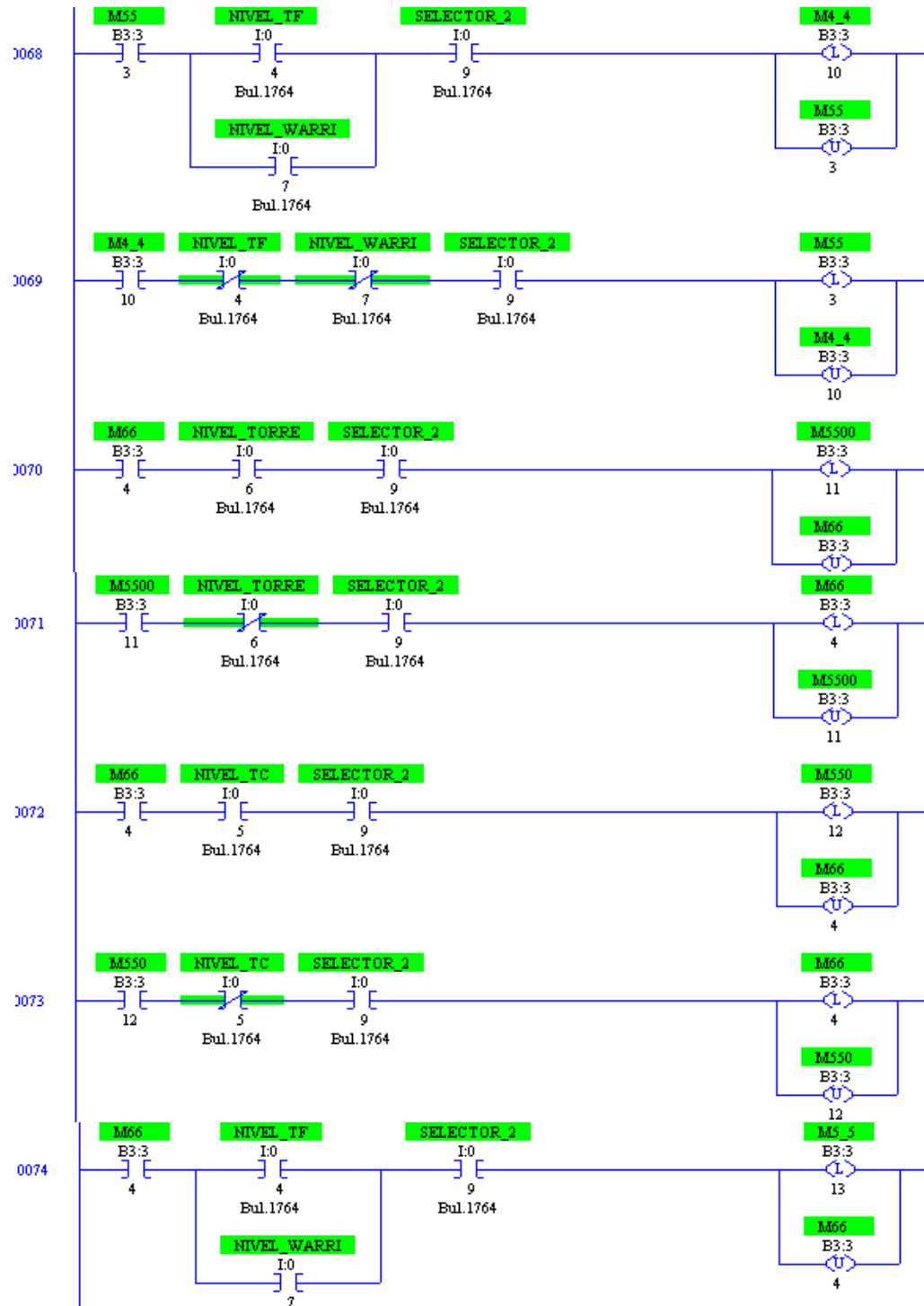
Cuando la entrada I: 0/8 selector\_1 se encuentre activa, estará en funcionamiento la bomba BAT7 de 4.8Hp la cual tiene como función llevar el agua fría de salida de la torre de enfriamiento TOWER TECH al tanque de agua fría de la torre, cuando

se active la entrada I: 0/9 selector\_2, se desactivara la entrada I: 0/8 y por ende se apagara la bomba BAT7 y se activara la bomba BAT8, independiente de la etapa de se encuentre el programa.

**10.2.2 Sensor de nivel torre de enfriamiento.** Este sensor es el encargado de dar señal de nivel de la torre, cuando se activa el sensor de nivel de la torre por rebose, es por medio de este sensor que se da la señal de control para desactivar la bomba BAT4 y BAT5, las cuales tienen como finalidad llevar el agua caliente de la torre a la entrada de la torre de enfriamiento y después depositarla en el tanque frío de la torre a temperatura acorde para ser entregada al condensador y posteriormente seguir con el debido proceso.

Figura 55. Diagrama escalera sensor de nivel ubicado en el interior de la torre de enfriamiento.



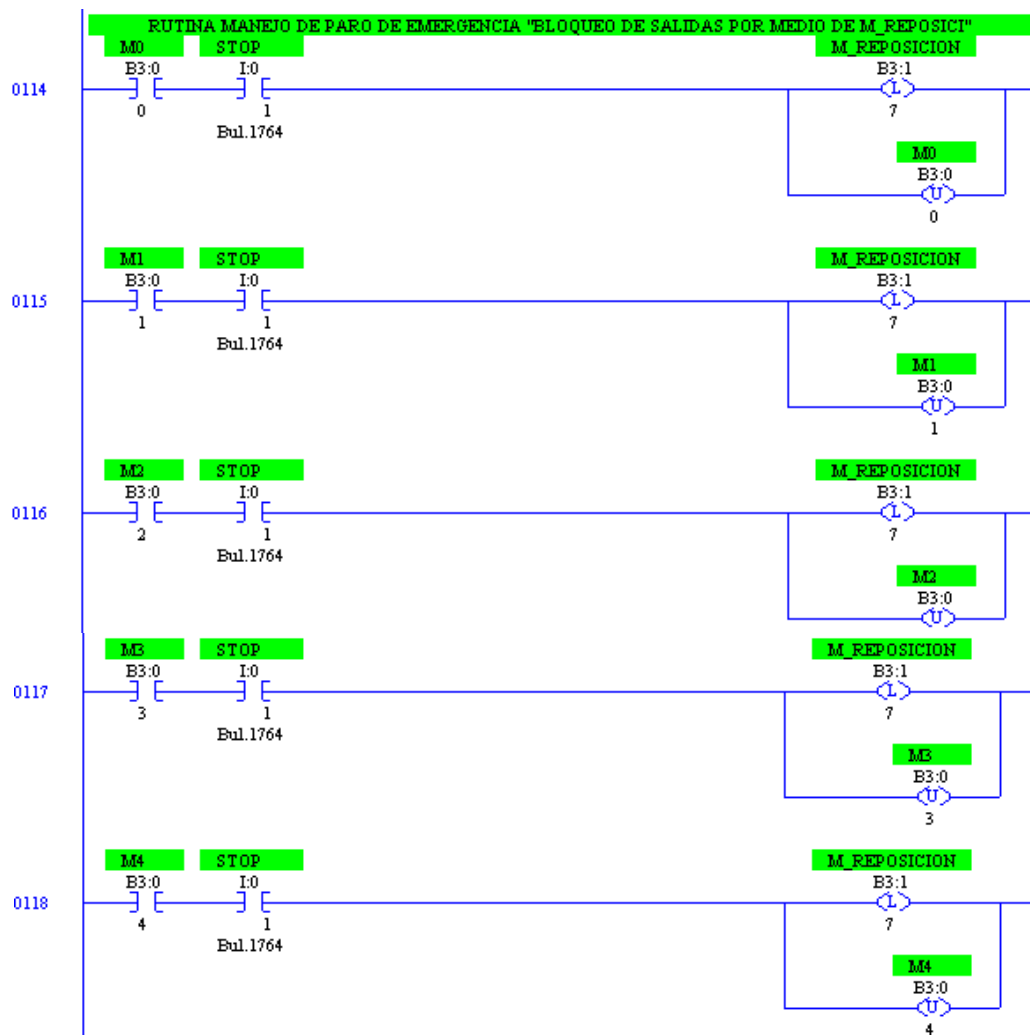


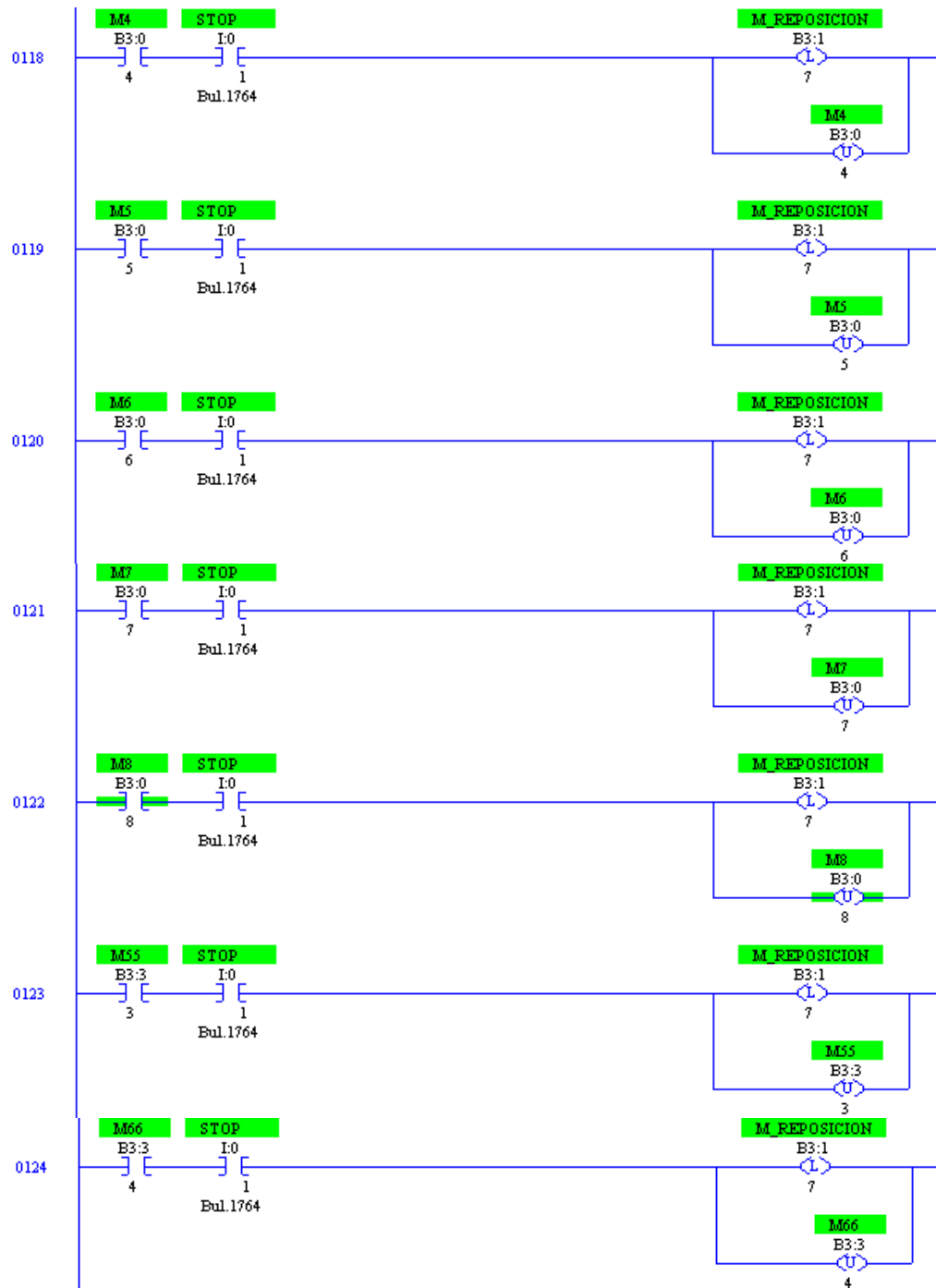


**10.2.3 Rutina paro de emergencia.** Esta rutina es la encargada por medio de un pulsador normalmente cerrado llamado Stop (paro de emergencia), bloquear todas las salidas del sistema las cuales son: los 4 ventiladores de la torre de enfriamiento, las bombas BAT7/8, BAT4/5, BAT1/2, en posibles estados de emergencia.

Después de bloqueo el sistema solo se efectuara la reposición del sistema a sus condiciones iniciales cuando se presione el pulsador asociado a la entrada I: 0/14 el cual es llamada Reconocimiento de emergencias.

Figura 56. Diagrama escalera de rutina paro de emergencia con reconocimiento

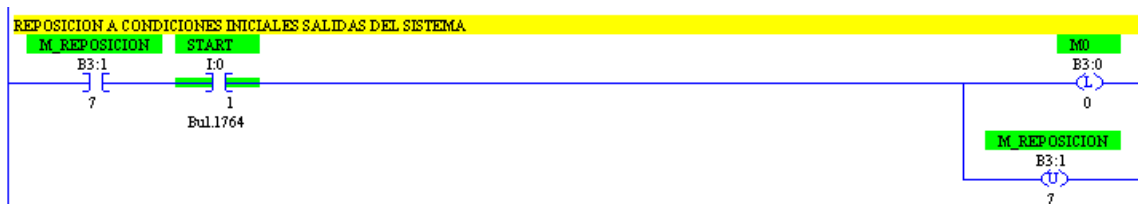




Cuando el sistema se encuentre operando, es decir se encuentre trabajando en cualquiera de sus respectivas etapas de transición, si recibe la orden de paro de emergencia inmediatamente el sistema apagará todas sus salidas respectivas como lo son: ventiladores, y bombas dosificadores.

Al estar el sistema posesionado en esta etapa, necesitara de la orden de reconocimiento, la cual se llevara acabo mediante el pulsador de reconocimiento, una vez dada la señal de reconocimiento el sistema estará a la espera de la señal de inicio automático etapa M0, y de esta manera realizar de nuevo el flujo normal del programa.

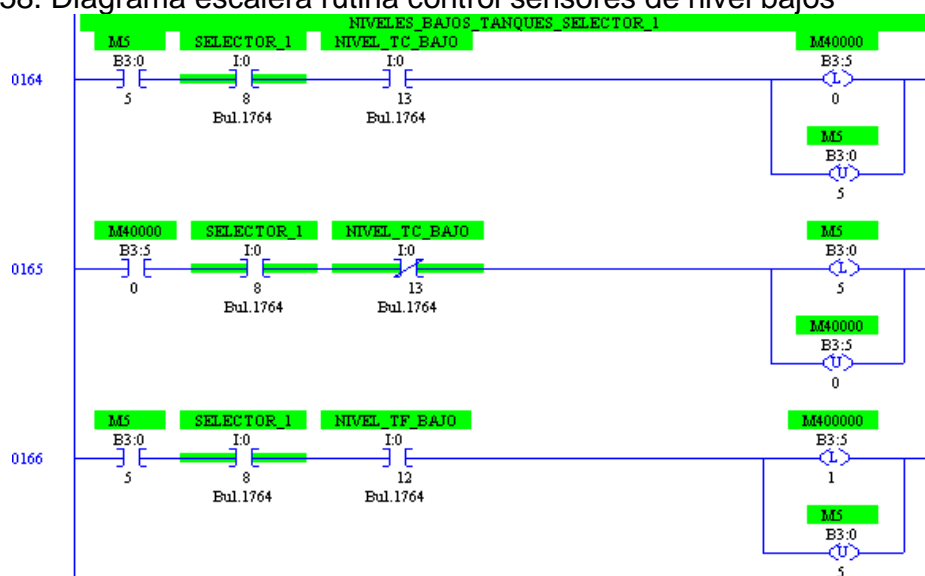
Figura 57. Diagrama escalera de rutina reposición del sistema por paro de emergencia

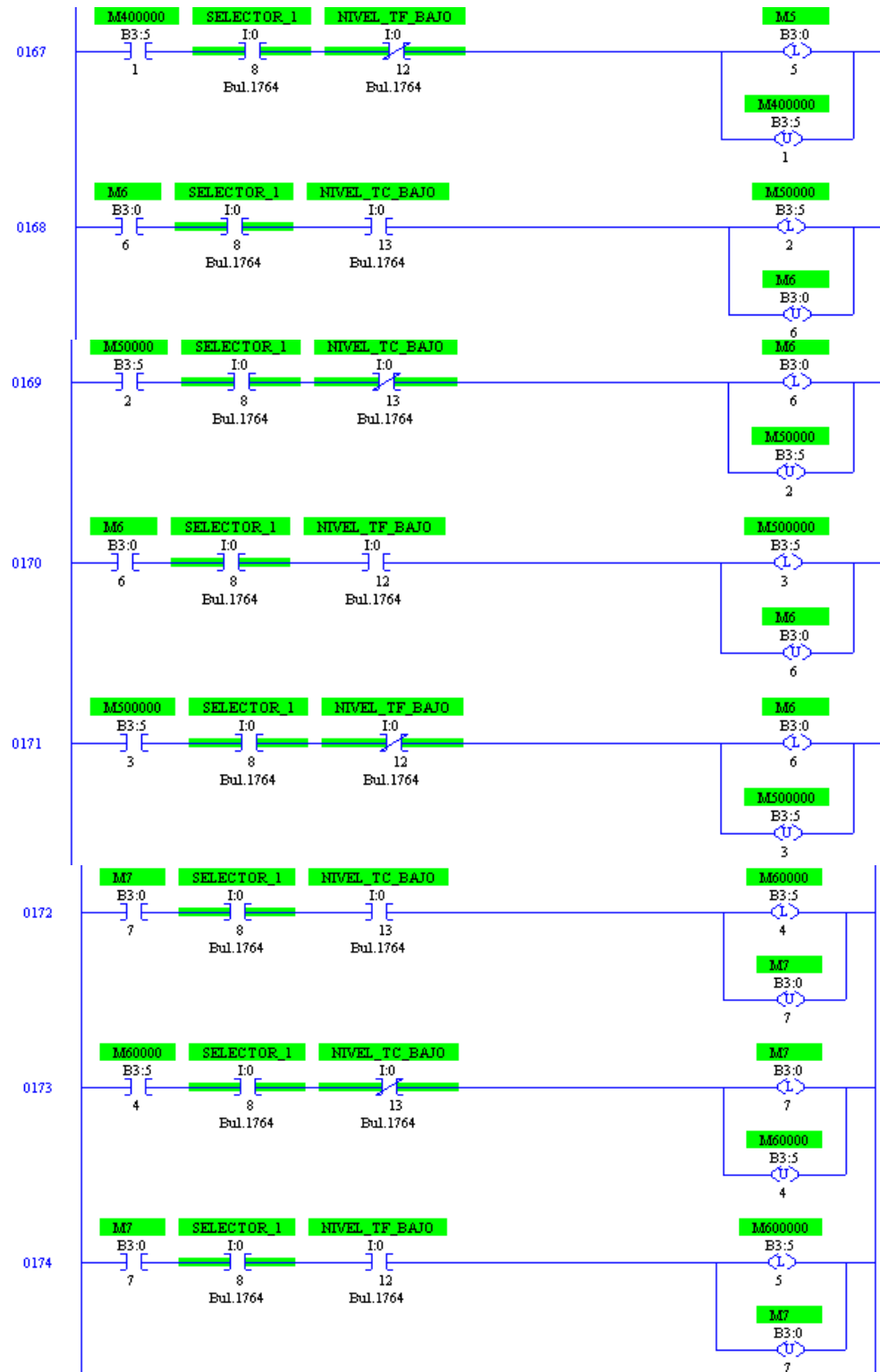


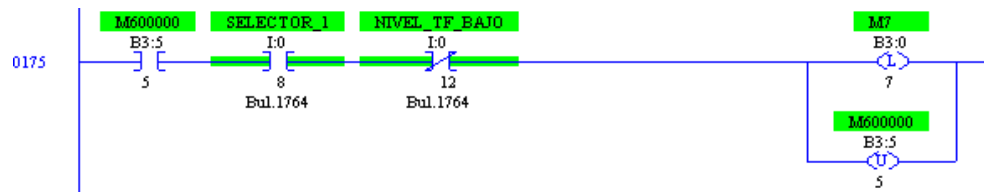
**10.2.4 Rutina sensores de nivel bajo.** Ya que para el censar el nivel de los tanques de agua fría y tanque de agua caliente de la torre de enfriamiento se desarrollo con sensores de nivel tipo boya, se instalaron 2 sensores en cada tanque, 1 para censar nivel bajo, y otro para censar nivel alto, ya que no es posible censar ambos niveles solo con un sensor de este tipo.

A continuación se muestra el diagrama escalera implementado para censar niveles bajos en los dos tanques asociados a la torre de enfriamiento.

Figura 58. Diagrama escalera rutina control sensores de nivel bajos







Con el sistema anterior no se contaba con ninguna clase de control por nivel para los tanques que conforman el sistema de enfriamiento ya que el operario de turno era el encargado de realizar una ronda por turno y de esta manera se tenia alguna clase de control por turno, además al tener alguna falla el sistema los operarios de turno no se daban por enterados sino hasta que alguno realizara la ronda en la torre de enfriamiento y verificara el estado de las bombas y ventiladores de la torre.

Otra novedad del nuevo sistema es que, se realizo un control por temperatura y de esta manera se tiene un control dependiendo la temperatura de operación del tanque de agua fría de la torre, y el sistema de enfriamiento de centelsa se encuentra completamente monitoreado por medio del software de gestión Proasis DCS Win 3.55 el cual se encuentra comunicado por medio de comunicación RS-485 con el modulo de adquisición de datos DAS\_8000, el cual permite monitorear todas las variables que conforman el proceso en tiempo real permitiendo el manejo de históricos y graficas para llevar estadísticas de este sistema durante 30 días, con una frecuencia de grabación de 3 minutos.

Como principales resultados en el sistema de enfriamiento de centelsa se logro reemplazar el tablero de control, el cual controlaba la torre de enfriamiento TOWER TECH ya que este tablero desde que se instalo hace 12 años no se le realizaba ninguna clase de actualización, se tomo la decisión de reemplazar el tablero existente ya que este por el paso de los años se encontraba en muy mal estado, en la siguiente figura se muestra el estado de deterioro con que contaba el tablero que controlaba ventiladores como bombas de la torre de enfriamiento.

Figura 59. Tablero existente



Al reemplazar por completo el tablero de control de la torre de enfriamiento se tiene muy en cuenta a la hora de realizar el diseño que este nuevo sistema cuente con todas las protecciones posibles en cuando a los ventiladores, bombas, y sensores de nivel, control automático, control manual, ya que el tablero que estaba instalado estaba en muy mal estado y solo contaba con la opción de control manual para prender y apagar los ventiladores de la torre y control manual para las bombas asociadas a la torre de enfriamiento las cuales son BAT7 y BAT8.

Figura 60. Tablero vista frontal



Figura 61. Vistas laterales





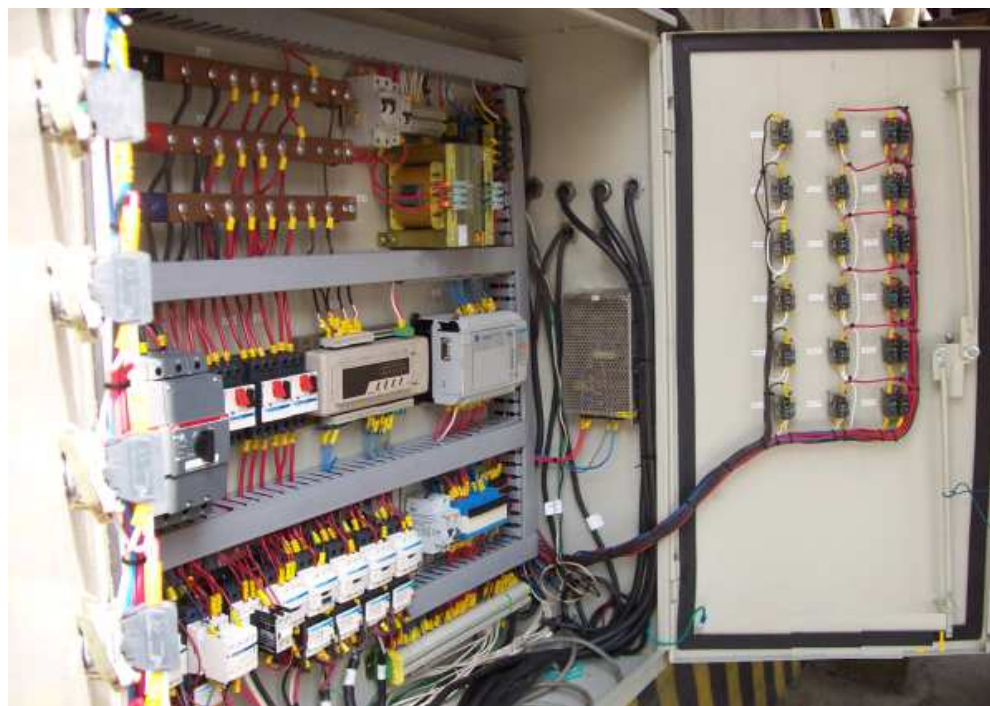
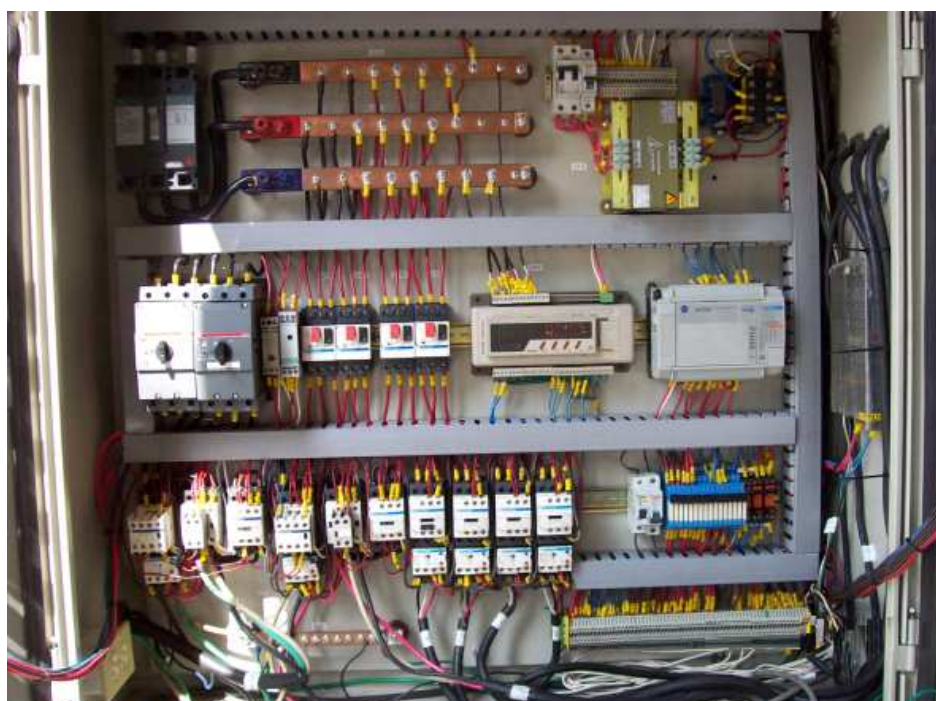


Figura 62. Luces pilotos y controles de selección







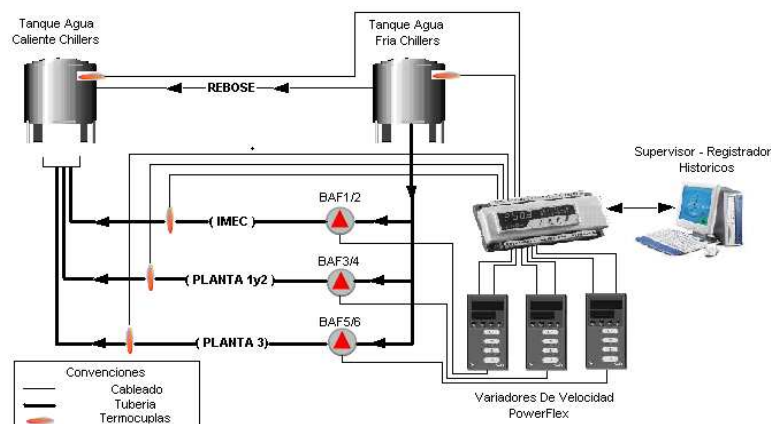
### 10.3 DISEÑO DE CONTROL PARA BOMBAS DISTRIBUIDORAS DE AGUA FRIA CHILERS POR MEDIO DE EQUIPO DE ADQUISICION DE DATOS DAS\_8000

Ya que uno de los requisitos indispensables del cliente para este caso fueron que el sistema fuera monitoreado completamente por medio del equipo de adquisición de datos DAS\_8000, y de esta manera tener todas las variables involucradas en el proceso por medio de un sinóptico desarrollado en el software Proasis DCS\_Win 3.55, el cual trabaja como una interfaz grafica, se tomo la decisión de desarrollar e implementar el control para las bombas BAF1/2, BAF3/4 y BAF5/6, por medio de señales analógicas provenientes de sensores de temperatura de tipo termocuplas ubicadas a la salida de cada planta para este caso (IMEC, Planta1 y 2, Planta 3).

Se tomo esta ubicación para los sensores de temperatura tipo J, ya que esta es la salida del sistema de enfriamiento para cada una de las plantas, y es en estos puntos donde es posible tomar la temperatura de agua chillers de salida entregada por cada planta después de cumplir con su debido proceso en cuanto enfriamiento del cable por medio de canaletas de las extrusoras y demás maquinas que requieren agua fría chillers para entregar un cable en excelentes condiciones como lo es el cableado producido en centelsa.

A continuación se muestra el diagrama general de flujo de la distribución de agua fría chillers para cada una de las plantas de la compañía, por medio de las bombas de distribución BAF1/2, BAF3/4 y BAF5/6.

Figura 63. Diagrama general de estrategia de control para bombas distribuidoras de agua fría chillers



La estrategia de control se desarrollo tomando como referencia la temperatura de agua fría chillers de suministro, para este caso la temperatura del tanque de agua fría chillers. Durante la etapa de formulación y análisis del problema se desarrollo durante 30 días un análisis completo acerca de las diferentes temperaturas que maneja el proceso durante las 24 horas del día (ver anexos) con frecuencia de grabación de 3 minutos, las temperaturas tomadas en cuenta fueron:

- Tanque frio torre de enfriamiento
- Tanque caliente torre de enfriamiento
- Tanque caliente chillers
- Tanque frio chillers

Después de analizar la caracterización de cada tanque por temperaturas de operación a diferentes horas del día se concluyo que la temperatura del agua de suministro, es decir la temperatura del tanque de agua fría chillers se encuentra variando entre 14 a 16C, manteniendo este rango de operación en condiciones normales de funcionamiento del sistema de enfriamiento por chillers.

Tomando como referencia este rango de operación normal de 14 a 16C, se programo el equipo de adquisición de datos DAS\_8000 tomando como referencia el sensor ubicado en el tanque de agua fría chillers por medio de la entrada analógica numero 4, y posteriormente se asigno un limite de consigna de 15C y una histéresis de mas o menos 1C, después ingresar estos parámetros al DAS\_8000 se procedió a asociar estos valores a la alarma numero 3, para después entregar el valor digital a la salida numero 3 del equipo de adquisición de datos DAS\_8000, ya que el equipo no permite asociar una entrada analógica proveniente de una termocupla directamente a una salida digital.

Con esto se garantiza que siempre que la temperatura del tanque de agua fría chillers se encuentre en el rango normal de operación, el cual pertenece de 14 a 16C la salida digital numero 3 del equipo de adquisición de datos DAS\_8000 se mantendrá activa, y si por algún motivo la temperatura de este tanque cae por debajo de 13C o la temperatura sube a por encima de 17C la salida numero 3 se desactivara.

El siguiente paso fue configurar el equipo DAS\_8000, para las señales de las termocuplas tipo J instaladas a las salidas de cada planta (IMEC, planta 1y 2, planta 3), se configuro cada entrada analógica procedente de cada salida de planta con un limite de consigna e histéresis igual a la del sensor ubicado en el tanque de agua fría chillers, esto con el fin de que cuando la temperatura de salida de cualquiera de las tres plantas de encuentre en el rango de 14 a 16, se toma la

decisión de que la maquinaria ubicada en esta planta no esta consumiendo agua fría chillers, suficiente por diferentes motivos que pueden ser:

- La maquinaria se encuentra en avería eléctrica o mecánica
- la maquinaria se encuentra en preventivo trimestral o semestral
- la maquinaria se encuentra en preparación, etc.

Por esta razón el control desarrollado esta en la capacidad de tomar la decisión por medio de una serie de combinaciones digitales de 2 bits, las cuales son entregadas a través del las salidas digitales de equipo de adquisición de datos DAS\_8000 por medio de sus salidas, 3, 4, 5, 6, 7.

En la siguiente tabla se muestra la distribución usada en cuanto a entradas análogas y salidas digitales para la implementación del control de las bombas distribuidoras de agua fría chillers para cada una de las plantas de la compañía.

Temperatura normal de agua suministro del tanque de agua fría chillers 14 a 16C.

Tabla 29. Asignación de entradas análogas y salidas digitales

Entrada Análoga	Rango de programación	Salida Digital
4	14 – 15 – 16 C	3
5	14 – 15 – 16 C	5
6	14 – 15 – 16 C	6
7	14 – 15 – 16 C	7

- La entrada análoga numero 4 corresponde al sensor ubicado en el tanque de agua fría chillers.
- La entrada análoga numero 5 corresponde a la temperatura de salida de la planta IMEC.
- La entrada análoga numero 6 corresponde a la temperatura de salida de Planta 1 y 2.
- La entrada análoga numero 7 corresponde a la temperatura de salida de Planta 3.

En las siguientes tablas se muestran las diferentes combinaciones que se dan y sus respectivas tareas programas las cuales se realizaran por medio de variadores de velocidad los cuales estarán acoplados a los motores de las bombas de

distribución de agua fría chillers, y de esta manera controlar la velocidad de giro variando la frecuencia de trabajo.

La salida digital numero 3 del equipo de adquisición de datos DAS\_8000 corresponde a la temperatura de operación del tanque de agua fría chillers, la cual se tomo como señal común, ya que esta agua se entrega en forma simultanea a todas las plantas de la compañía que requieren de esta agua chillers para las diferentes funciones que desarrollan sus maquinas, y de esta manera con las salidas digitales 5, 6, y 7, se tomaron las diferentes combinaciones las cuales se programaran en los parámetros de los variadores de velocidad PowerFlex (40, 400), y de esta manera se obtendrá un control para las bombas distribuidoras de agua fría chillers de acuerdo al nivel de producción de la compañía.

Tabla 30. Tarea a realizar dependiendo combinación entregada por las salidas del DAS\_8000

Salida digital Tanque agua fría chillers	Salida digital Planta 3	Acción de Control
0	0	Velocidad máxima
0	1	Combinación no valida
1	0	Velocidad media
1	1	Velocidad mínima

Para efectos de diseño y programación del modulo de adquisición de datos, solo se tuvieron en cuenta 3 posibles combinaciones ya que la combinación 0,1 no se tubo en cuenta por que no es posible tener la temperatura de agua fría de suministro por encima de la temperatura agua de retorno, es decir agua de salida de cada planta después de cumplir con el debido proceso.

Cuando en las salidas digitales numero 3 y 7, del modulo de adquisición de DAS\_8000, se obtenga la combinación 0, 0, se toma la decisión de programar el variador de velocidad para realizar la acción de control y esta manera el motor asociado a la bomba BAF5/6 trabaja a su velocidad máxima ya que la temperatura de agua de suministro se encuentra por encima de los 16C y la temperatura del agua de retorno de planta 3 se encuentra por encima de 17C.

Al obtener por medio de las salidas digitales numero 3 y 7 del equipo de adquisición de datos DAS\_8000, la combinación de 1,1, se realiza el control por medio del variador de velocidad y de esta manera el motor trabaja a su velocidad mínima , ya que la temperatura de agua de suministro se encuentra en su rango de operación normal la cual corresponde de 14 a 16C, y la temperatura del agua

de retorno también se encuentra en este rango, se llega a la conclusión de que la planta no requiere mucha agua fría, bajo nivel de producción.

De esta manera se desarrollo el control para las bombas de distribuidoras de agua fría chillers para cada una de las plantas de la compañía como lo son:

- IMEC
- Planta 1 y 2

#### **10.4. ALCANCES Y LIMITACIONES**

Al evaluar el estado final del proyecto se pudo observar el cumplimiento de todos los objetivos planteados al inicio del mismo. Y es importante recalcar que las limitaciones finales del proyecto están fuera de los alcances deseados, pero son importantes de mencionar.

Ya que la compañía en primera instancia ya contaba con los equipos a utilizar para la realización de este proyecto, por esta razón que el equipo configurado como maestro fue el modulo de adquisición de datos DAS\_8000 el cual tiene la función de tomar las entradas analógicas provenientes de los diferentes sensores ubicados en cada uno de los tanques de la compañía y enviar por medio de sus salidas digitales combinaciones las cuales son procesadas por el PLC Micrologix 1500 y este realiza la acción de control dependiendo las salidas del DAS\_8000.

Se configuro como maestro el modulo de adquisición de datos DAS\_8000 y no el PLC Micrologix 1500 el cual puedo ser configurado para esta exigencia por medio de un modulo de entradas analógicas para que cumpliera con el manejo de los sensores de temperatura en este caso termocuplas tipo J, por razón de requerimientos del cliente, adicionalmente por medio del modulo de adquisición de datos DAS\_8000 se realizo el supervisor de todo el sistema de enfriamiento de la compañía, ya que este modulo de adquisición de señales cuenta con su propio software de gestión para la elaboración de sinópticos y programación del mismo.

Adicionalmente cabe señalar que por efectos de limitaciones de diseño, no se diseño una red para la comunicación entre los variadores de velocidad PowerFlex 40 y 400, los cuales cumplen con la tarea de regular la velocidad de los motores trifásicos acoplados a las bombas de distribución de agua fría chillers para cada una de las plantas de las compañía, por medio de comunicación DeviceNet, ya

que por efectos de los requerimientos del cliente, entre estos se planteo que el sistema fuera completamente monitoreado por medio del modulo de adquisición de datos DAS\_8000.

Otra limitación importante que se tubo al trabajar con el modulo de adquisición de datos DAS\_8000 de desin instruments, fue que este equipo no permite el manejo ni programación de cifras decimales para el manejo de termocuplas, por esta razón el sistema diseñado por medio de este modulo de adquisición de señales analógicas puede llegar a tener problemas por exactitud.

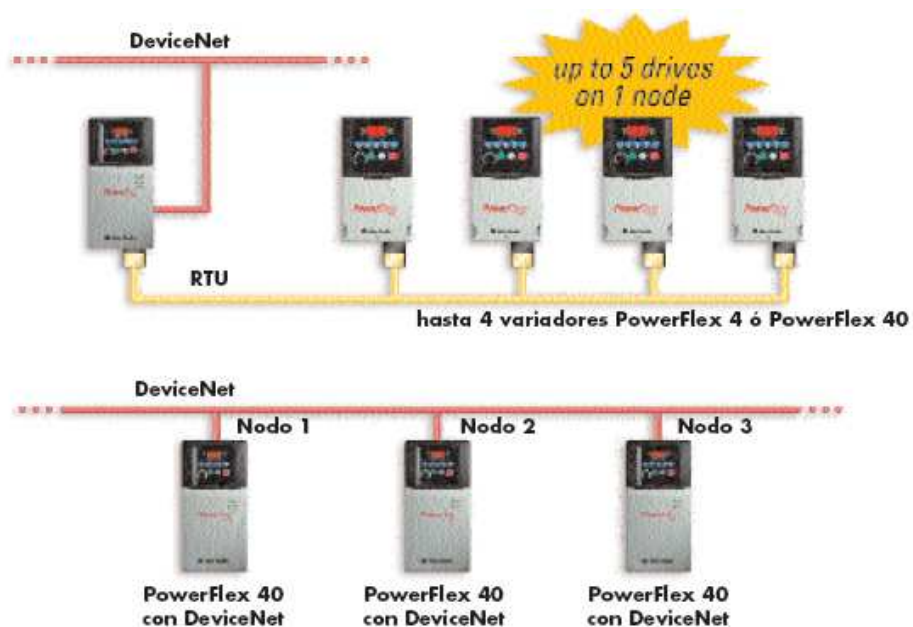
## 11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 11.1 RECOMENDACIONES

Es recomendable tener muy en cuenta no realizar el control del modulo de distribución de agua fría chillers para cada una de las plantas de la compañía directamente desde el modulo de adquisición de datos DAS\_8000, ya no es optimo que este modulo tenga la responsabilidad de llevar todo el control de las diferentes acciones a realizar para garantizar el funcionamiento correcto de la central de enfriamiento.

Además en la actualidad nos encontramos con sistemas mucho más eficientes y modernos los cuales podemos implementar para aplicaciones de este tipo como lo son:

Figura 64. Soluciones avanzadas



Fuente: Variador De Ca, de frecuencia ajustable PowerFlex 40. [en línea] Bogota, D.C: rockwellautomation, 2005. [Consultado 12 de diciembre de 2007 ]. Disponible en Internet: <http://www.rockwellautomation.com/literature.htm>:



Ofrecer una solución de múltiples variadores de velocidad PowerFlex 40 por medio de comunicación DeviceNet. Reduciendo considerablemente el conteo de nodos y el costos del sistema.

Logrando una configuración de red con variadores PowerFlex 40 y tarjetas DeviceNet opcionales, proporcionando un alto rendimiento y diferentes capacidades de configuraciones más flexibles.

## 11. CONCLUSIONES

- Se logro recolectar y analizar suficiente información acerca del comportamiento del sistema de enfriamiento, dependiendo el nivel de producción de la compañía, y de esta manera se logro plantear y llevar acabo una estrategia de control tomando como referencia la temperatura de operación del tanque de agua fría de la torre de enfriamiento TOWER TECH.
- Se logro diseñar e implementar un sistema de monitoreo y control para la torre de enfriamiento, la cual se encuentra conformada por 4 ventiladores de 3HP de marca Lincolin.
- Se logro diseñar pero no se tuvo la oportunidad de implementar por efectos de tiempo en la compañía, el sistema de control para las bombas distribuidoras de agua fría chillers, por medio del modulo de adquisición de datos DAS\_8000, las cuales tienen como función principal la distribución de agua fría chillers a cada una de las plantas de la compañía, el sistema fue diseñado y cuenta actualmente con todas las protecciones posibles ante algunos eventos o fallas en el sistema.
- Se tuvo la oportunidad de realizar una preselección en cuanto a equipos y materiales a utilizar, logrando ante todo trabajar con equipos de primera calidad y de excelente soporte técnico en la ciudad, como lo fueron los de la marca Allan brayle, Telemecanique, ABB. Etc.
- Se logro realizar el diseño e implementación del supervisor por medio del software de gestión llamado Proasis DCS Win V.3.55, el cual en la actualidad esta en la capacidad de leer y almacenar en una base cada 5 minutos el estado de todas las variables que intervienen en el proceso en tiempo real como lo son: temperaturas de operación de cada uno de los tanques que conforman el proceso, estado de los ventiladores de la torre de enfriamiento, estado de las bombas dosificadores de agua fría chillers, temperatura de agua de retorno de cada una de las plantas de la compañía.
- Se logro implementar la estrategia de control a través del PLC Micrologix 1500 de Allen Brayle, ya que la compañía ya contaba con este dispositivo para la elaboración de este proyecto, además este tipo de controlador lógico programable solo cuenta con 12 entradas y 12 salidas tipo rele, se tuvo que acoplar un modulo de expansión ref.: 1769-IQ6XOW4 por que el sistema requería de un controlador con mínimo 18 entradas y 12 salidas.

- Se logro desarrollar el diseño de planos eléctricos cumpliendo principalmente con todas los requerimientos planteados inicialmente por la compañía como lo fueron: Diseño de planos tomando como referencia la guía GEMMA, líneas de transmisión completamente etiquetadas y marcadas, planos con sus respectivos rótulos de la compañía y descripción, elaboración de planos en Autocad 2007.
- Como uno de los principales logros durante el transcurso de la elaboración del proyecto, se logro reemplazar el tablero de control existente por completo, ya que este se había instalado desde el año de 1990 y por este motivo se encontraba muy deteriorado y solo contaba con control manual, el nuevo gabinete de control fue diseñado teniendo muy en cuenta la descripción de los planos y la norma internacional RETTIE, además este nuevo tablero cuenta con la posibilidad de control manual y control automático por temperatura.
- Además tuvo la oportunidad de conocer las diferentes técnicas utilizadas en la compañía para la elaboración de los diferentes cables y calibres de estos, como cables de alta y mediana potencia, telefónicos, los cuales deben cumplir con los estándares de calidad para su distribución final al resto del mundo.
- Se logro conocer los diferentes métodos utilizados en industrias e ingenios para el tratamiento de aguas involucradas en sus procesos, para nuestro caso el sistema de enfriamiento de Centelsa, el cual tiene como principio fundamental equipos Chillers, el cual esta conformado por 4 elementos principales los cuales son: el evaporador, el condensador, el elemento expansivo o válvula de expansión y el compresor.
- Por medio del estudio detallado que se realizo a cada uno de los tanques que conforman el sistema de enfriamiento de la compañía a diferentes horas del día se pudo estipular la carga térmica a la que a diario esta sometida la compañía de acuerdo a su producción total.
- Se tuvo la oportunidad de afianzar conocimientos en cuanto a la programación del PLC de Allan Brayle Micrologix 1500 y el modulo de adquisición de datos DAS\_8000, ya que no había tenido la oportunidad de trabajar antes con esta clase de controladores.
- Cabe mencionar que al ver implementado este sistema a través de una red de Comunicación por medio de variadores de velocidad como lo son: Power Flex de allan Brayle, este proyecto se vera afectado en cuanto a incrementos de costos para la compañía, pero el diseño fuera sido mas sofisticado y efectivo.

## BIBLIOGRAFÍA

ALLEN BRADLEY. Instructions MicroLogix 1500 Programmable Controller Base Units. En : Catalog Numbers: 1764-24AWA Rockwell Automation . (Dic – Mar. 2000); p. 1-22.

ALLEN BRADLEY. Instructions Compact™ 24V dc Sink/Source Input Module. En Rockwell Automation Catalog 1769- IQ16. (Ene – Jun. 2000); p. 6-16.

ALLEN BRADLEY. MicroLogix™ 1500 Programmable Controllers. En: Rockwell Automation. (April – May. 2000); p. 5-14.

ALLEN BRADLEY. Panel Builder Development Software. En: Rockwell Automation Catalog Number 2711-ND1. (Feb – Jun. 2000); p. 4-20.

ALLEN BRADLEY. RSLogix 500. En: Rockwell Automation. (Jul – Sep. 2000); p. 8-16.

ALLEN BRADLEY. Technical Data 1769 Compact™ I/O Power Supplies and Communication Bus Expansion Cables. En: Rockwell Automación. (Oct – Dec. 1999); p. 3-24.

CURTIS, Sandra. Aumentando los ciclos de concentración en diseño de torres de enfriamiento de Tower Tech. Madrid: Tower Tech, 2000. 4 p.

Desin Instruments. Mi DAS\_8000. 2.5 ed. Madrid: Desin Instrument , 2005. 62 p.

Desin Instruments. *Mí - ProasisDCSWin.3.51*. 2.5 ed. Madrid: Desing Instruments, 2005. 40p.

BALCELL, jeans; ROMERAL, I. *Autómatas Programables*. Marcombo Boi-xareu. 4 ed. Madrid: McGraw-Hill, 1997. 2005. 635 p.

SILVA. m. Redes de Petri en la Automática y la Informática. 3 ed. Madrid: AC, 1985. 142 p.

Sterling. Halberg.. Bombas Centrifugas de Carcasa Espiral. Manual CT0101.01.03. Bogota: Sterling Fluid Systems, Feb 2003. 9 p.

TOWER TECH. Soluciones temporales para torres de enfriamiento. 4 ed. Madrid: Tower Tech. Inc, 1998. 10 p.

TOWER TECH. Manual de instalación operación y mantenimiento de la torre modular serie TTXE. 3 ed. Madrid: Tower Tech, Marzo 2005. 34 p.

Rockwell Automation.2001. Control secuencial. 3.7 ed. USA: Rockwell International Corporation, 2002. 68 p.

Rockwell Automation. 2001. RSLogix 500. Starter. 5.0 ed. USA: Rockwell Software Inc. 2004. 145 p.

## ANEXOS

### Anexo A. Productos CENTELSA

#### Cables de Fuerza y Control

Tipo	Aplicación	Características
<b>TW</b>	Alambrado eléctrico de edificaciones y redes interiores secundarias industriales. Alumbrado de derivaciones a aparatos empotrados o fijos y tableros de mando.  Normas de fabricación: NTC 1332.	<b>Conductor:</b> Cobre o aluminio <b>Aislamiento:</b> PVC <b>Instalación:</b> En ductos, tuberías, bandejas y tableros. <b>Voltaje max:</b> 600V. <b>Temperatura max:</b> 60 C sitios secos o húmedos.
<b>TF</b>	Alambrado de derivaciones (no ramales) a aparatos empotrados o fijos y tableros de mando.  Normas de fabricación: NTC 2356, UL 62	<b>Conductor:</b> Cobre <b>Aislamiento:</b> PVC <b>Instalación:</b> En ductos, tuberías, bandejas y tableros. <b>Voltaje max:</b> 600V. <b>Temperatura max:</b> 60 C sitios secos.
<b>TFN</b>	Alambrado de derivaciones (no ramales) a aparatos empotrados o fijos y tableros de mando. Altas temperaturas de trabajo. Sitios abrasivos o contaminados con aceite, grasas, gasolinas y otras sustancias químicas.  Normas de fabricación: NTC 2356	<b>Conductor:</b> Cobre <b>Aislamiento:</b> PVC <b>Instalación:</b> En ductos, tuberías, bandejas. <b>Voltaje max:</b> 600V. <b>Temperatura max:</b> 90 C sitios secos o húmedos.
<b>THW THW-2</b>	Aplicación general, alambrado eléctrico en edificaciones, conexión de tableros, centrales.  Normas de fabricación: NTC 1332, UL 83	<b>Conductor:</b> Cobre o aluminio <b>Aislamiento:</b> PVC <b>Instalación:</b> En ductos, tuberías, bandejas. <b>Voltaje max:</b> 600V. <b>Temperatura max:</b> 60 C sitios secos.
<b>THHW</b>	Aplicación general, alambrado eléctrico en edificaciones, conexión de tableros, centrales.  Normas de fabricación: NTC 1332, UL 83	<b>Conductor:</b> Cobre o aluminio <b>Aislamiento:</b> PVC <b>Instalación:</b> En ductos, tuberías, bandejas. <b>Voltaje max:</b> 600V. <b>Temperatura max:</b> 75 C sitios secos o húmedos.
	Aplicación general, alambrado eléctrico en edificaciones, conexiones	<b>Conductor:</b> Cobre o aluminio <b>Aislamiento:</b> PVC

<b>THHN/ THWN</b>	<p>de tableros, centrales, plantas de proceso industrial.</p> <p>Sitios abrasivos o contaminados con aceite, grasas, gasolina y otras sustancias químicas.</p> <p>Normas de fabricación: NTC 1332.</p>	<p><b>Instalación:</b> En ductos, carcamos, tuberías, canalizaciones metálicas.</p> <p><b>Voltaje max:</b> 600V.</p> <p><b>Temperatura max:</b> 90 C sitios secos o húmedos.</p>
<b>NM-B</b>	<p>Cables para alumbrado de instalaciones de instalaciones eléctricas residenciales, normalmente en sitios secos. Para instalaciones expuestas o cubiertas.</p> <p>En instalaciones multifamiliares hasta tres pisos.</p> <p>Instalados directamente sobre vigas en canaletas ventiladas, dentro de bloques de construcción residenciales o paredes tipo bloque que no estén expuestas a humedad excesiva.</p> <p>Norma de fabricación: UL 719</p>	<p><b>Conductor:</b> Cobre</p> <p><b>Aislamiento:</b> PVC / Nylon</p> <p><b>Separador:</b> Papel</p> <p><b>Chaqueta:</b> PVC</p> <p><b>Instalación:</b> canaletas, bloques de construcción o paredes tipo bloque.</p> <p><b>Voltaje max:</b> 600V.</p> <p><b>Temperatura max:</b> 90 C sitios seco.</p>
<b>ACOMETIDAS</b>	<p>Cables de entrada o bajante hasta los equipos de acometida y salida de estos al interruptor de servicio o totalizador, para tipos SE-U y SE-R. Dependiendo del diseño requerido, será la forma de aplicación del neutro.</p>	<p><b>Conductor:</b> Cobre o aluminio</p> <p><b>Relleno:</b> PVC</p> <p><b>Instalación:</b> En ductos, tuberías, bandejas y tableros.</p> <p><b>Voltaje max:</b> 600V.</p> <p><b>Temperatura max:</b> 90 C sitios secos o húmedos.</p>
<b>TTU</b>	<p>Instalaciones industriales, sistemas de distribución e iluminación. Sitios secos o húmedos.</p> <p>Normas de fabricación: NTC 1099, NTC 2186.</p> <p>ICEA S-61-402, ICEA S-66-524</p>	<p><b>Conductor:</b> Cobre o aluminio</p> <p><b>Aislamiento:</b> PE o XLPE</p> <p><b>Chaqueta:</b> PVC</p> <p><b>Instalación:</b> bandejas, tuberías, ductos, carcamos.</p> <p><b>Voltaje max:</b> 600V.</p> <p><b>Temperatura max:</b> 90 C sitios secos o húmedos.</p>
<b>XHHW XHHW-2</b>	<p>Distribución aérea de energía en baja tensión; conexión tableros, motores, alambrado en edificaciones.</p> <p>Normas de fabricación: NTC 3277</p>	<p><b>Conductor:</b> Cobre o aluminio</p> <p><b>Aislamiento:</b> XLPE</p> <p><b>Instalación:</b> En ductos, tuberías, bandejas, carcamos.</p> <p><b>Voltaje max:</b> 600V o 2000V.</p> <p><b>Temperatura max:</b> 90 C sitios secos o húmedos.</p>
<b>RHH RHHW</b>	<p>Propósito general para alambrado de circuitos de fuerza, control, alumbrado, tableros de control; en instalaciones comerciales,</p>	<p><b>Conductor:</b> Cobre o aluminio</p> <p><b>Aislamiento:</b> XLPE</p> <p><b>Instalación:</b> En ductos, tuberías, carcamos.</p>

<b>RHHW-2</b>	residenciales e industriales.  Normas de fabricación: NTC 1099, NTC 2186, ICEA S-61-402	<b>Voltaje max:</b> 600V o 2000V. <b>Temperatura max:</b> 90 C sitios secos o húmedos.
<b>POTENCIA</b>	Aplicación general, instalaciones industriales, distribución interior de energía en baja tensión. Construcciones opcionales de cables armados en hilos o cintas de acero o aluminio; cables apantallados con cintas o hilos.  Normas de fabricación: NTC 1099	<b>Conductor:</b> Cobre o aluminio <b>Aislamiento:</b> PVC o EPDM <b>Chaqueta:</b> PVC <b>Instalación:</b> En ductos, tuberías, bandejas, carcamos. <b>Voltaje max:</b> 600V o 2000V. <b>Temperatura max:</b> 90 C sitios secos o húmedos.
<b>DUPLEX TRIPLEX CUADRUPLIX</b>	Ensamblados multiconductores para sistemas aéreos de distribución secundaria.  Normas de fabricación: NTC 2186	<b>Conductor:</b> AAAC o AAC <b>Aislamiento:</b> PE o XLPE <b>Instalación:</b> aérea, soportado por el mensajero. <b>Voltaje max:</b> 600V. <b>Temperatura max:</b> 75 C sitios secos o húmedos.
<b>XLPE – TK</b>	Conductor cubierto para redes aéreas de distribución primaria de 5, 8, 15, 25 y 46 kV. Especial para instalaciones en zonas arborizadas. Diseños opcionales de conductores bloqueados contra migración de humedad.  Normas de fabricación: ASTM, ICEA y especificaciones CENTELSA.	<b>Conductor:</b> Cobre ACSR <b>Protección:</b> XLPE o PE de una o dos capas. <b>Instalación:</b> Aérea. <b>Temperatura max:</b> 90 C sitios secos o húmedos.



## **Conductores Desnudos**

### **Cobre**

<b>Tipo</b>	<b>Aplicación</b>	<b>Características</b>
<b>ACDD CCDD</b>	<p>Alambre/ Cable de cobre desnudo duro. Líneas aéreas de transmisión y distribución. Derivaciones aéreas cortas de media o baja tensión. Conexiones de sistemas de tierra. Puentes en subestaciones.</p> <p>Normas de fabricación: NTC 1744 ASTM B-1 para ACDD; NTC 307 ASTM B-8 para CCDD</p>	<b>Conductor:</b> Alambre o cable concéntrico de cobre duro.
<b>ACDS CCDS</b>	<p>Alambre/ Cable de cobre desnudo suave. Líneas aéreas de transmisión y distribución. Derivaciones aéreas cortas de media o baja tensión. Conexiones de sistema de tierra. Puentes en subestaciones.</p> <p>Normas de fabricación: NTC 359, ASTM B-3 para ACDS; NTC 307, ASTM B-8 para CCDS</p>	<b>Conductor:</b> Alambre o cable concéntrico de cobre suave.
<b>ACDSD CCDSD</b>	<p>Alambre/ cable de cobre desnudo semiduro. Líneas aéreas de transmisión y distribución. Derivaciones aéreas cortas de media o baja tensión. Conexiones de sistemas de tierra. Puentes en subestaciones.</p> <p>Normas de fabricación: NTC 1745 ASTM B-2 para ACDSD; NTC 307 ASTM B-8 para CCDSD.</p>	<b>Conductor:</b> Alambre o cable concéntrico de cobre semiduro.

## Conductores Desnudos

Aluminio		
Tipo	Aplicación	Características
<b>AADD</b>	Alambre de aluminio desnudo duro, conexionado primarias y secundarias en la subestación. Neutro mensaje en cables tipo múltiplex.  Normas de fabricación: NTC 360, ASTM B-230.	<b>Conductor:</b> Alambre de aluminio duro
<b>AAC</b>	Cable de aluminio desnudo duro. Líneas aéreas de transmisión y distribución que no requieran alta resistencia mecánica. Derivaciones cortas de media o baja tensión. Neutro mensajero en cables tipo múltiplex.  Normas de fabricación: NTC 308, ASTM B-231	<b>Conductor:</b> Cables concéntrico de aluminio duro.
<b>ACSR/GA, AW</b>	Líneas aéreas de transmisión y distribución. Cables de guarda para protección para protección de líneas aéreas. Neutro mensajero en cables tipo múltiplex.  Normas de fabricación: para ACSR/ GA NTC 309, ASTM B- 232	<b>Conductor:</b> Cable concéntrico de aluminio con núcleo de refuerzo en acero protegido: galvanizado (GA) o aluminizado (AW).
<b>AAAC</b>	Líneas aéreas de transmisión y distribución donde se requiera una buena combinación de resistencia mecánica y eléctrica. Neutro mensajero en cables tipo múltiplex.  Normas de fabricación: NTC 2730	<b>Conductor:</b> Cable concéntrico de aleación de aluminio.
<b>ACAR</b>	Líneas aéreas de transmisión y distribución. Normas de fabricación: ASTM B-52	<b>Conductor:</b> Conductor concéntrico de hilos de aluminio duro, reforzado con hilos de aleación de aluminio.

## Cables Flexibles

### **Cordones Portátiles**

<b>Tipo</b>	<b>Aplicación</b>	<b>Características</b>
<b>SOLDADOR</b>	Cordón de servicio extrapesado, flexible y resistente al maltrato, para equipos de soldadura eléctrica.  Normas de fabricación: Conductor: ASTM B – 172 Cubierta: ICEA S – 19 - 81	<b>Conductor:</b> Cobre cableado flexible <b>Separador:</b> Cinta poliéster <b>Cubierta:</b> Caucho termoplástico. <b>Instalación:</b> Abierta en conexión directa. <b>Temperatura max:</b> 105C.
<b>SPT-1 SPT-2 SPT-3</b>	Cordón paralelo de servicio liviano para conexión de aparatos.  Normas de fabricación: NTC 2356, UL 62	<b>Conductor:</b> Cobre cableado extra-flexible (SPT-1, SPT-2) y flexible (SPT-3). <b>Aislamiento:</b> PVC <b>Instalación:</b> Abierta para conexiones de aparatos. <b>Voltaje max.</b> 300V <b>Temperatura max.</b> 60 C.
<b>SVT</b>	Cordón de servicio liviano para alimentaciones de aparatos de uso domestico; especialmente para aspiradoras.  Normas de fabricación: NTC 2356.	<b>Conductor:</b> Cobre cableado extraflexible <b>Aislamiento:</b> PVC <b>Instalación:</b> Abierta, en extensiones portátiles con terminas. <b>Voltaje max.</b> 300V <b>Temperatura max.</b> 60 C.
<b>SJT</b>	Cordón de servicio pesado. Alimentación a equipos de uso industrial, comercial y domestico.  Normas de fabricación: NTC 2356, UL 62	<b>Conductor:</b> Cobre cableado flexible. <b>Aislamiento:</b> PVC <b>Instalación:</b> Abierta, en extensiones portátiles con terminales. <b>Voltaje max.</b> 300V <b>Temperatura max.</b> 60 C.
<b>ST</b>	Cordón de servicio extrapesado para equipos y herramientas portátiles; especialmente para talleres, escenarios y vitrinas.  Normas de fabricación: NTC 2356.	<b>Conductor:</b> Cobre cableado flexible. <b>Aislamiento:</b> PVC <b>Instalación:</b> Abierta, en extensiones portátiles con terminales. <b>Voltaje max.</b> 600V <b>Temperatura max.</b> 60 C.

### Aplicaciones Especiales

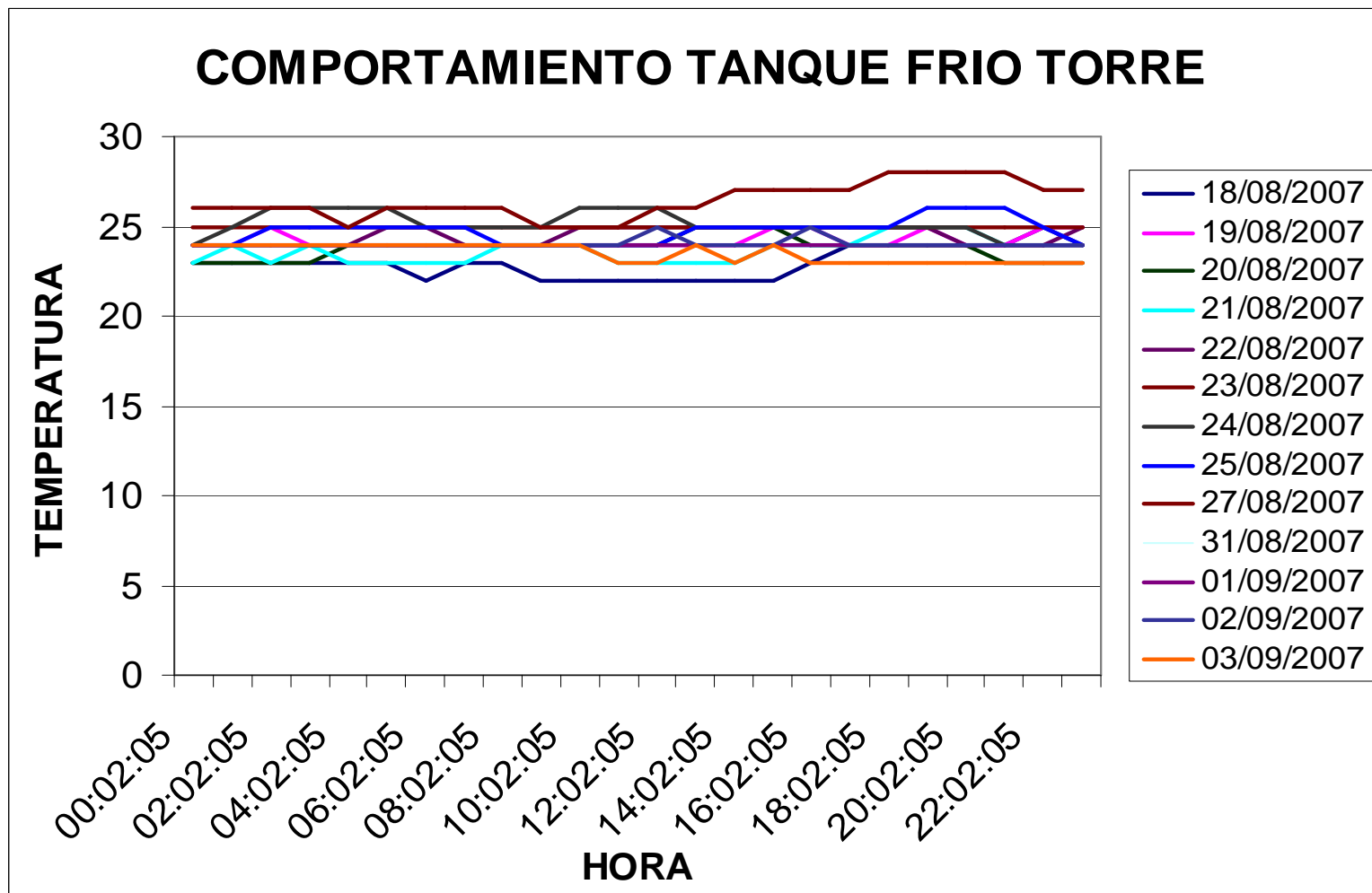
Tipo	Aplicación	Características
<b>TFF</b>	<p>Circuitos de control. Alambrado de derivaciones (no ramales) a aparatos empotrados o fijos y tableros de mando.</p> <p>Normas de fabricación: NTC 2356</p>	<p><b>Conductor:</b> Cobre cableado flexible.</p> <p><b>Aislamiento:</b> PVC</p> <p><b>Instalación:</b> Ductos, carcamos, tuberías y canalizaciones o directamente conectado en tableros de mando.</p> <p><b>Voltaje max:</b> 600V</p> <p><b>Temperatura max:</b> 60C.</p>
<b>TFFN</b>	<p>Circuitos de control. Alambrado de derivaciones (no ramales) a aparatos empotrados o fijos y tableros de mando. Altas temperaturas de trabajo. Sitios abrasivos o contaminados con aceite, grasas, gasolina y otras sustancias químicas.</p> <p>Normas de fabricación: NTC 2356.</p>	<p><b>Conductor:</b> Cobre cableado flexible.</p> <p><b>Aislamiento:</b> PVC</p> <p>Chaqueta: Nylon.</p> <p><b>Instalación:</b> Ductos, carcamos, tuberías y canalizaciones o directamente conectado en tableros de mando.</p> <p><b>Voltaje max.</b> 600V</p> <p><b>Temperatura max.</b> 90 C.</p>
<b>TWK</b>	<p>Circuitos de control. Alambrado de derivaciones a aparatos empotrados o fijo y tableros de mando.</p> <p>Normas de fabricación: NTC 1332.</p>	<p><b>Conductor:</b> Cobre cableado flexible PVC.</p> <p><b>Aislamiento:</b> Cableado de tableros y equipos. En ductos tuberías y bandejas.</p> <p><b>Voltaje max.</b> 600V</p> <p><b>Temperatura max.</b> 60 C.</p>
<b>SILICONADOS SF</b>	<p>Aplicaciones de alta temperatura para cableado de motores, cableado interno de luminarias, balastos, secadores de ropa, estufas, neveras.</p> <p>Normas de fabricación: NTC 2356</p>	<p><b>Conductor:</b> Cobre cableado flexible.</p> <p><b>Aislamiento:</b> Silicona</p> <p><b>Instalación:</b> Directamente sobre borneras. Abierta en conexión directa a equipos o aparatos.</p> <p><b>Voltaje max.</b> 600V</p> <p><b>Temperatura max.</b> 200 C.</p>

<b>Vehículos</b>		
<b>Tipo</b>	<b>Aplicación</b>	<b>Características</b>
<b>GPT</b>	Cableado general de baja tensión en vehículos automotores.  Normas de fabricación: NTC 1116 SAE J1128.	<b>Conductor:</b> Cobre cableado flexible. <b>Aislamiento:</b> PVC <b>Instalación:</b> Arneses para vehículos <b>Voltaje max:</b> 50V <b>Temperatura max:</b> 75C.
<b>SXL</b>	Cableado de baja tensión en vehículos, especial para el vano del motor. Donde se requieran conductores para servicio mas pesado que el tipo GPT.  Normas de fabricación: NTC 1116, SAE J1128.	<b>Conductor:</b> Cobre cableado flexible. <b>Aislamiento:</b> XLPE <b>Instalación:</b> Arneses para vehículos. <b>Voltaje max.</b> 50V <b>Temperatura max.</b> 125 C.
<b>SGT</b>	Alambrado del sistema de arranque de motores de combustión interna; cable de batería.  Normas de fabricación: NTC 1995, SAE J1127.	<b>Conductor:</b> Cobre cableado flexible. <b>Aislamiento:</b> PVC <b>Instalación:</b> Conexión del sistema de arranque del motor. <b>Voltaje max.</b> 50V <b>Temperatura max.</b> 125 C.

**Tabla 31.** Productos de centelsa

**Anexo B. Caracterización De tanques**  
**CARACTERIZACION TANQUE FRIO TORRE**

HORA	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10	Día 11	Día 13	Día 14	P_HO
00:02:05	23	24	23	23	24	25	24	24	26	24	24	24	24	24
01:02:05	23	24	23	24	24	25	25	24	26	24	24	24	24	24,2
02:02:05	23	25	23	23	24	25	26	25	26	24	24	24	24	24,3
03:02:05	23	24	23	24	24	25	26	25	26	24	24	24	24	24,4
04:02:05	23	24	24	23	24	25	26	25	25	24	24	24	24	24,2
05:02:05	23	24	24	23	25	25	26	25	26	24	24	24	24	24,4
06:02:05	22	24	24	23	25	25	25	25	26	24	24	24	24	24,2
07:02:05	23	24	24	23	24	25	25	25	26	24	24	24	24	24,2
08:02:05	23	24	24	24	24	25	25	24	26	24	24	24	24	24,2
09:02:05	22	24	24	24	24	25	25	24	25	24	24	24	24	24,1
10:02:05	22	24	24	24	25	25	26	24	25	24	24	24	24	24,2
11:02:05	22	24	24	23	25	25	26	24	25	24	24	24	23	24,1
12:02:05	22	24	24	23	25	25	26	24	26	24	24	25	23	24,2
13:02:05	22	24	25	23	25	25	25	25	26	24	24	24	24	24,3
14:02:05	22	24	25	23	25	25	25	25	27	24	24	24	23	24,3
15:02:05	22	25	25	24	25	25	25	25	27	24	24	24	24	24,5
16:02:05	23	25	24	24	25	25	25	25	27	24	24	25	23	24,5
17:02:05	24	24	24	24	25	25	25	25	27	24	24	24	23	24,5
18:02:05	24	24	24	25	25	25	25	25	28	24	24	24	23	24,6
19:02:05	24	25	24	25	25	25	25	26	28	24	24	24	23	24,8
20:02:05	24	24	24	25	24	25	25	26	28	24	24	24	23	24,6
21:02:05	24	24	23	24	24	25	24	26	28	24	24	24	23	24,4
22:02:05	25	25	23	24	24	25	24	25	27	24	24	24	23	24,4
23:02:05	24	25	23	24	25	25	24	24	27	24	24	24	23	24,3
<b>PROM_DIA</b>	<b>23</b>	<b>24,3</b>	<b>23,83</b>	<b>23,7</b>	<b>24,5</b>	<b>25</b>	<b>25,1</b>	<b>24,8</b>	<b>26,4</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>24,08</b>	<b>23,54</b>	



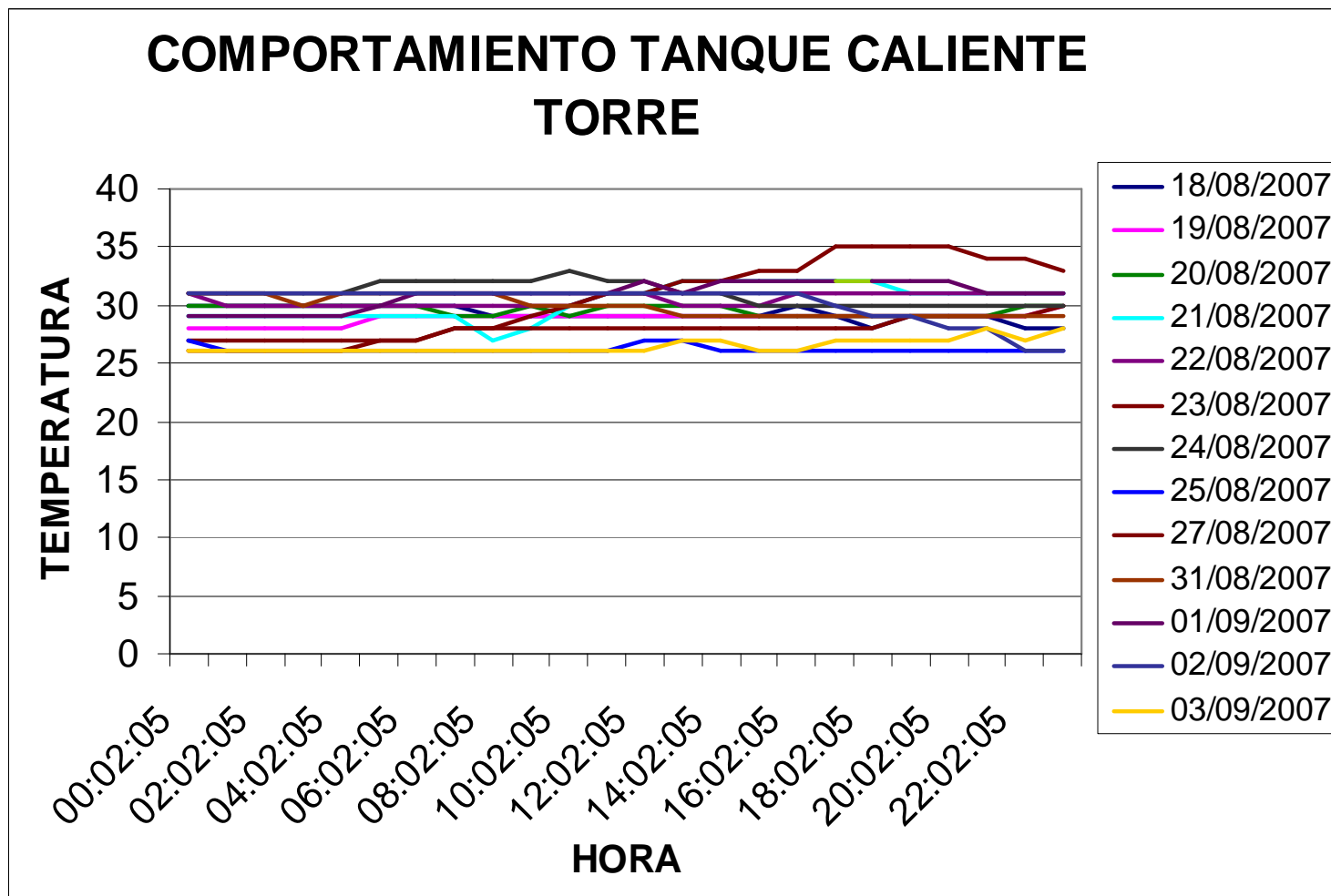
Grafica 2. Caracterización de tanque torre frío, comportamiento desde el 18 de agosto hasta 03 de septiembre

TEMPERATURA PROMEDIO													
	18/8/07	19/8/07	20/8/07	21/8/07	22/08/07	23/8/07	24/8/07	25/8/07	27/8/07	31/8/07	01/9/07	02/9/07	03/9/07
PROM_DIA	23	24,25	23,833	23,708	24,541	25	25,125	24,791	26,416	24	24	24,083	23,547

**CARACTERIZACION TANQUE CALIENTE TORRE**

<b>HORA</b>	<b>Día 1</b>	<b>Día 2</b>	<b>Día 3</b>	<b>Día 4</b>	<b>Día 5</b>	<b>Día 6</b>	<b>Día 7</b>	<b>Día 8</b>	<b>Día 9</b>	<b>Día 10</b>	<b>Día 11</b>	<b>Día 13</b>	<b>Día 14</b>	<b>P_HO</b>
00:02:05	30	28	30	29	31	27	31	27	26	31	29	31	26	28,9
01:02:05	30	28	30	29	30	27	31	26	26	31	29	31	26	28,8
02:02:05	30	28	30	29	30	27	31	26	26	31	29	31	26	28,8
03:02:05	30	28	30	29	30	27	31	26	26	30	29	31	26	28,7
04:02:05	30	28	30	29	30	27	31	26	26	31	29	31	26	28,8
05:02:05	30	29	30	29	30	27	32	26	27	31	30	31	26	29,1
06:02:05	30	29	30	29	30	27	32	26	27	31	31	31	26	29,2
07:02:05	30	29	29	29	30	28	32	26	28	31	31	31	26	29,2
08:02:05	29	29	29	27	30	28	32	26	28	31	31	31	26	29
09:02:05	29	29	30	28	30	28	32	26	29	30	31	31	26	29,2
10:02:05	29	29	29	30	30	28	33	26	30	30	31	31	26	29,4
11:02:05	29	29	30	31	31	28	32	26	31	30	31	31	26	29,6
12:02:05	29	29	30	31	31	28	32	27	31	30	32	31	26	29,8
13:02:05	29	29	30	32	30	28	31	27	32	29	31	31	27	29,7
14:02:05	29	29	30	32	30	28	31	26	32	29	32	31	27	29,7
15:02:05	29	29	29	32	30	28	30	26	33	29	32	31	26	29,5
16:02:05	30	29	29	32	31	28	30	26	33	29	32	31	26	29,7
17:02:05	29	29	29	32	31	28	30	26	35	29	32	30	27	29,8
18:02:05	28	29	29	32	31	28	30	26	35	29	32	29	27	29,6
19:02:05	29	29	29	31	31	29	30	26	35	29	32	29	27	29,7
20:02:05	29	29	29	31	31	29	30	26	35	29	32	28	27	29,6
21:02:05	29	29	29	31	31	29	30	26	34	29	31	28	28	29,5
22:02:05	28	29	30	31	31	29	30	26	34	29	31	26	27	29,3
23:02:05	28	30	30	31	31	30	30	26	33	29	31	26	28	29,5
<b>PROM_DIA</b>	<b>29,3</b>	<b>28,8</b>	<b>29,58</b>	<b>30,3</b>	<b>30,5</b>	<b>28</b>	<b>31</b>	<b>26,1</b>	<b>30,5</b>	<b>29,88</b>	<b>30,9</b>	<b>30,125</b>	<b>26,46</b>	



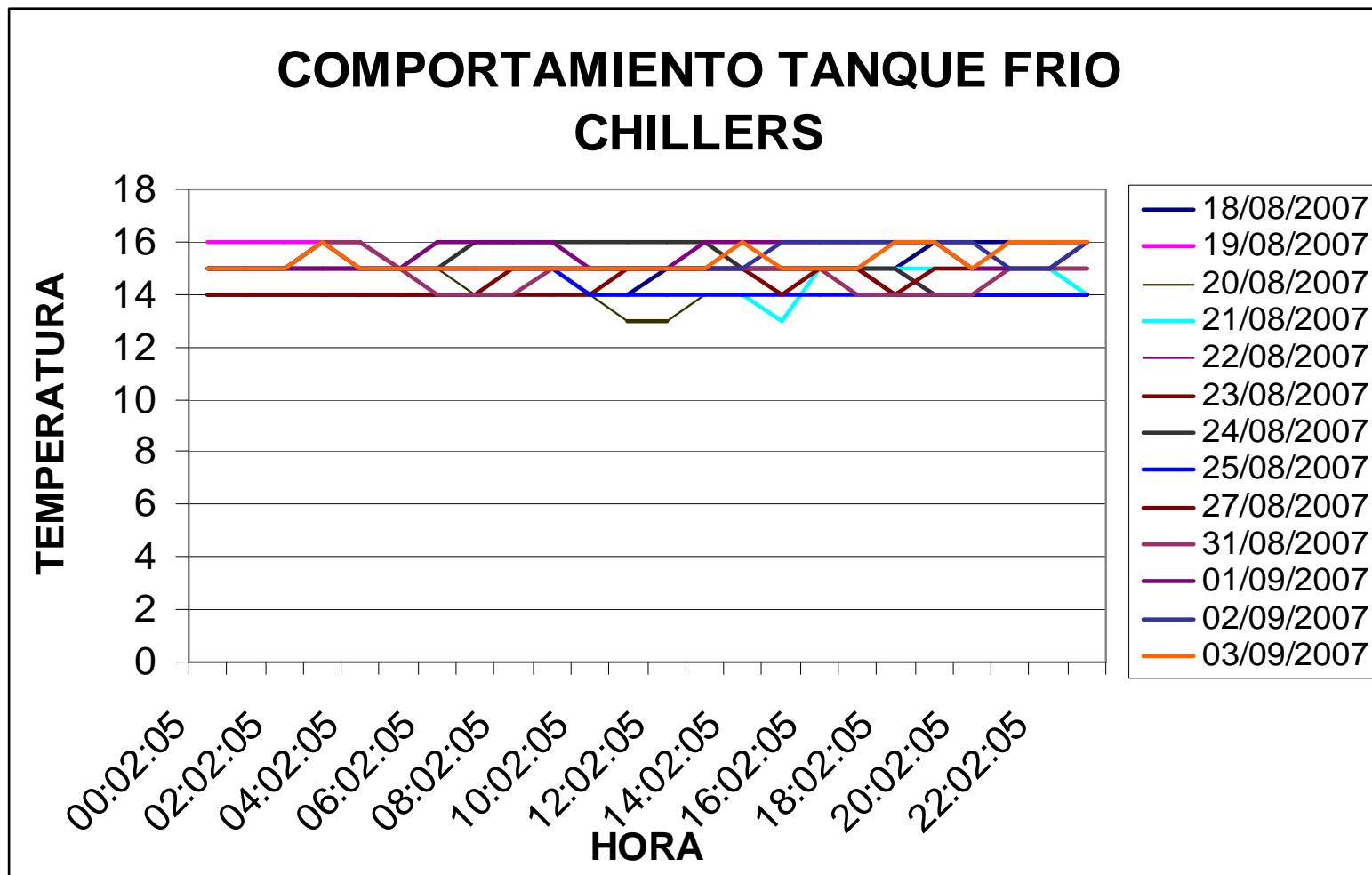


**Grafica 1. Caracterización de tanque torre caliente, comportamiento desde el 18 de agosto hasta 03 de septiembre**  
**TEMPERATURA PROMEDIO**

	18/8/07	19/8/07	20/8/07	21/8/07	22/8/07	23/8/07	24/8/07	25/8/07	27/8/07	31/8/07	01/9/07	02/9/07	03/9/07
<b>PROM_DIA</b>	<b>29.25</b>	<b>28.33</b>	<b>25.83</b>	<b>30.25</b>	<b>30.45</b>	<b>27.95</b>	<b>31</b>	<b>26.12</b>	<b>30.5</b>	<b>29,85</b>	<b>30,87</b>	<b>30,12</b>	<b>26,48</b>

### CARACTERIZACION TANQUE FRIO CHILLERS

HORA	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10	Día 11	Día 13	Día 14	P_HO
00:02:05	14	16	15	14	14	14	15	15	14	15	15	15	15	14,7
01:02:05	14	16	15	14	14	14	15	15	14	15	15	15	15	14,7
02:02:05	14	16	15	14	14	14	15	15	14	15	15	15	15	14,7
03:02:05	14	16	15	14	14	14	15	15	14	16	15	16	16	14,9
04:02:05	14	16	15	14	14	14	15	15	14	16	15	15	15	14,8
05:02:05	14	15	15	14	14	14	15	15	14	15	15	15	15	14,6
06:02:05	14	15	15	14	14	14	15	15	14	14	16	15	15	14,6
07:02:05	14	15	14	14	14	14	16	15	14	14	16	15	15	14,6
08:02:05	14	15	14	14	14	14	16	15	15	14	16	15	15	14,7
09:02:05	14	15	14	14	14	14	16	15	15	15	16	15	15	14,8
10:02:05	14	15	14	14	14	14	16	14	15	15	15	15	15	14,6
11:02:05	14	15	13	14	14	15	16	14	15	15	15	15	15	14,6
12:02:05	15	15	13	14	14	15	16	14	15	15	15	15	15	14,7
13:02:05	15	15	14	14	14	15	16	14	15	15	16	15	15	14,8
14:02:05	15	15	14	14	14	15	15	14	15	15	16	15	16	14,8
15:02:05	15	15	14	13	14	15	15	14	14	15	16	16	15	14,7
16:02:05	15	15	15	15	14	15	15	14	15	15	16	16	15	15
17:02:05	15	15	15	15	14	15	15	14	15	14	16	16	15	14,9
18:02:05	15	15	15	15	14	14	15	14	14	14	16	16	16	14,8
19:02:05	16	14	15	15	14	14	14	14	15	14	16	16	16	14,8
20:02:05	16	14	15	15	14	14	14	14	15	14	15	16	15	14,7
21:02:05	16	14	15	15	14	14	14	14	15	15	15	15	16	14,8
22:02:05	16	14	15	15	14	14	14	14	15	15	15	15	16	14,8
23:02:05	16	14	14	14	14	14	14	14	15	15	16	16	16	14,8
<b>PROM_DIA</b>	<b>14,7</b>	<b>15</b>	<b>14,5</b>	<b>14,3</b>	<b>14</b>	<b>14,3</b>	<b>15,1</b>	<b>14,4</b>	<b>14,6</b>	<b>14,79</b>	<b>15,5</b>	<b>15,33</b>	<b>15,29</b>	

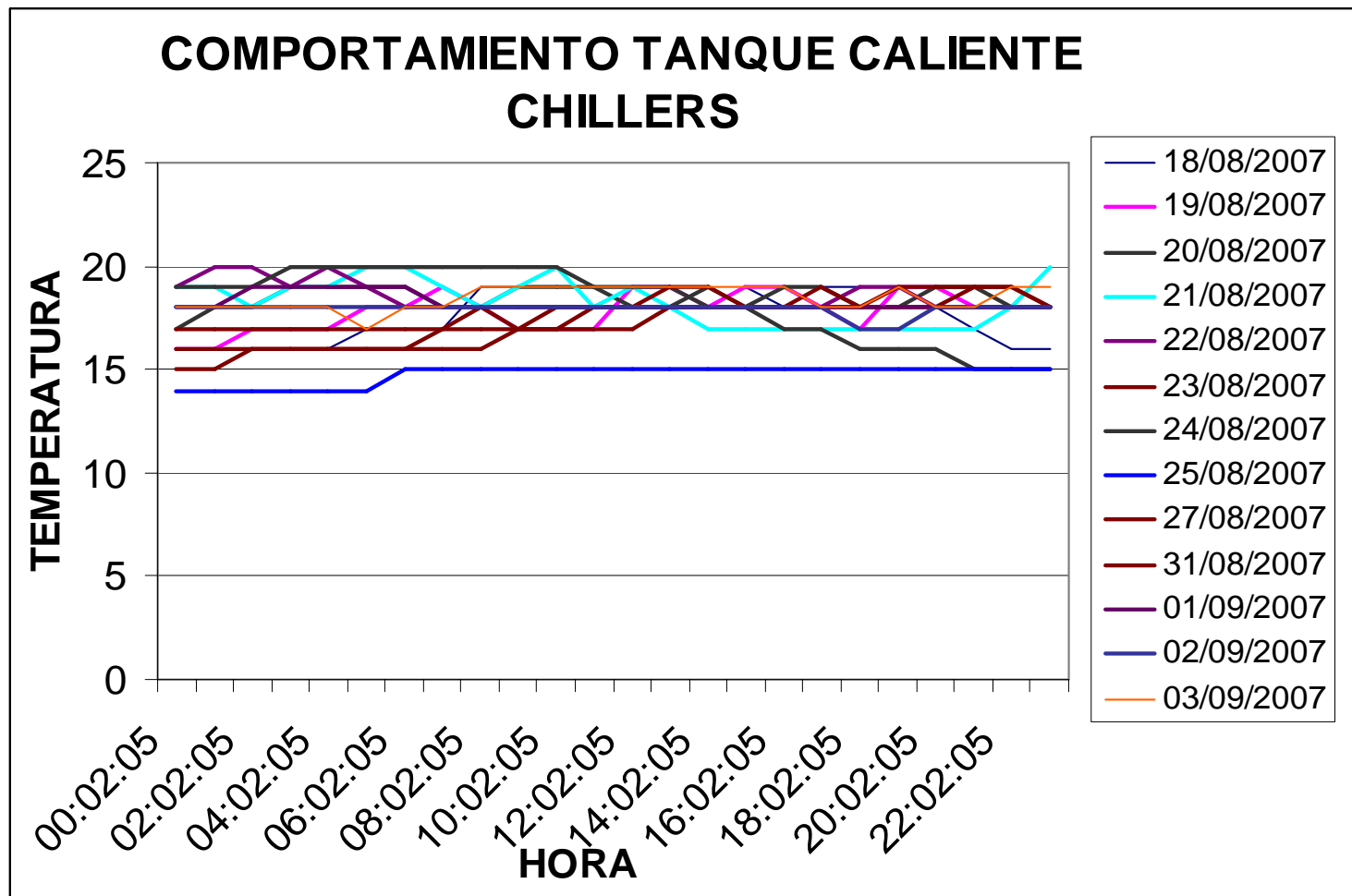


Grafica 4. Caracterización de tanque frio chillers, comportamiento desde el 18 de agosto hasta 03 de septiembre

TEMPERATURA PROMEDIO													
	18/8/07	19/8/07	20/8/07	21/8/07	22/8/07	23/8/07	24/8/07	25/8/07	27/8/07	31/8/07	01/9/07	02/9/07	03/9/07
PROM_DIA	14,70	15	14,5	14,25	14	14,29	15,08	14,41	14,58	14,7	15,5	15,33	15,267

**CARACTERIZACION TANQUE CALIENTE CHILLERS**

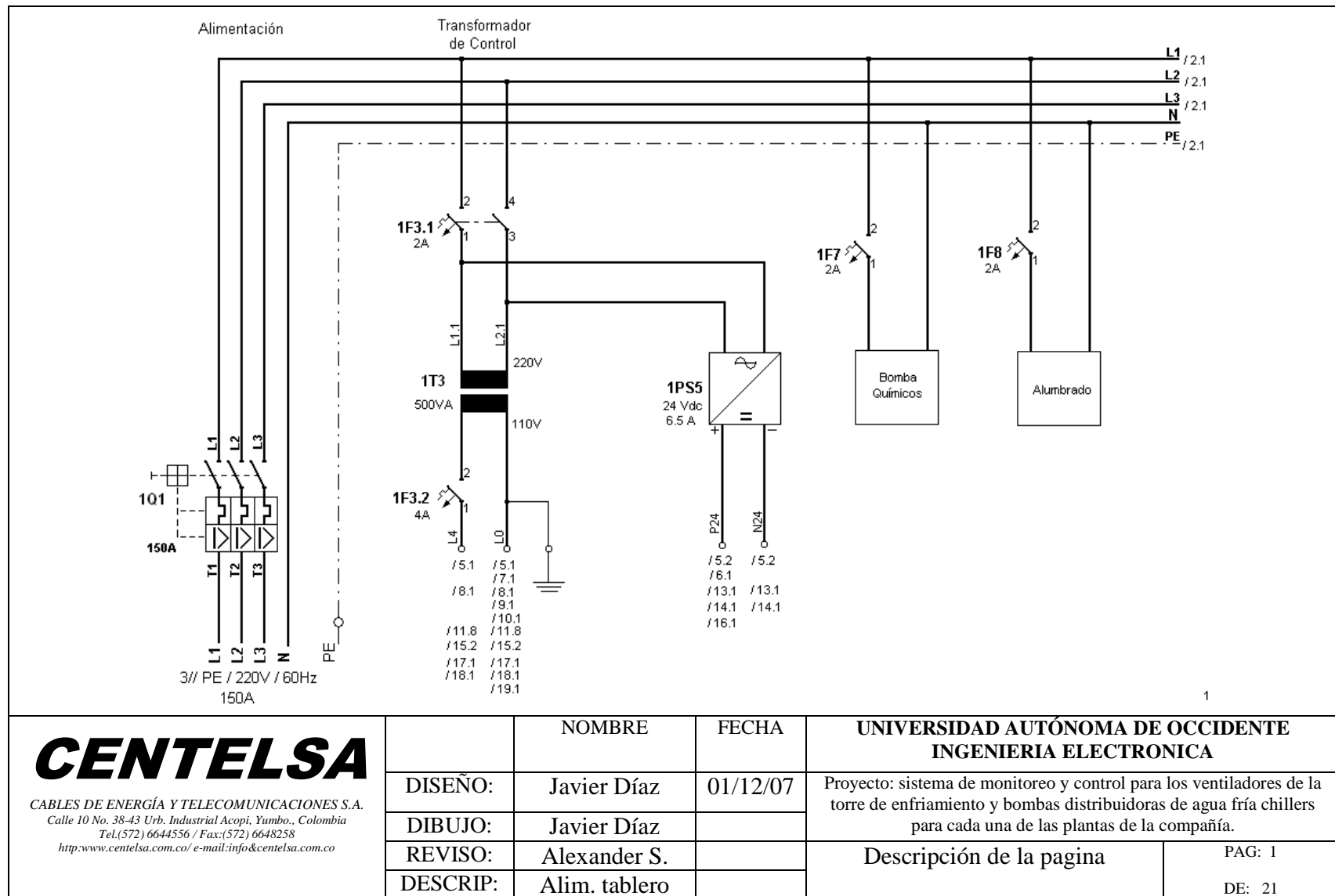
<b>HORA</b>	<b>Día 1</b>	<b>Día 2</b>	<b>Día 3</b>	<b>Día 4</b>	<b>Día 5</b>	<b>Día 6</b>	<b>Día 7</b>	<b>Día 8</b>	<b>Día 9</b>	<b>Día 10</b>	<b>Día 11</b>	<b>Día 13</b>	<b>Día 14</b>	<b>P_HO</b>
00:02:05	16	16	17	19	19	16	19	14	15	17	18	18	18	17,08
01:02:05	16	16	18	19	20	16	19	14	15	17	18	18	18	17,23
02:02:05	16	17	18	18	20	16	19	14	16	17	19	18	18	17,38
03:02:05	16	17	19	19	19	16	20	14	16	17	19	18	18	17,54
04:02:05	16	17	19	19	20	16	20	14	16	17	19	18	18	17,62
05:02:05	17	18	19	20	19	16	20	14	16	17	19	18	17	17,69
06:02:05	17	18	19	20	18	16	20	15	16	17	19	18	18	17,77
07:02:05	17	19	18	19	18	17	20	15	16	17	18	18	18	17,69
08:02:05	19	18	18	18	18	17	20	15	16	18	18	18	19	17,85
09:02:05	19	17	19	19	18	17	20	15	17	17	18	18	19	17,92
10:02:05	19	17	19	20	18	18	20	15	17	17	18	18	19	18,08
11:02:05	19	17	19	18	18	18	19	15	18	17	18	18	19	17,92
12:02:05	19	19	18	19	18	18	19	15	18	17	18	18	19	18,08
13:02:05	19	19	18	18	18	18	19	15	19	18	18	18	19	18,15
14:02:05	18	18	19	17	18	18	18	15	19	18	18	18	19	17,92
15:02:05	19	19	18	17	18	18	18	15	18	18	18	18	19	17,92
16:02:05	18	19	19	17	18	18	17	15	18	18	18	18	19	17,85
17:02:05	19	18	19	17	18	18	17	15	19	18	18	18	18	17,85
18:02:05	19	17	18	17	19	18	16	15	18	18	18	17	18	17,54
19:02:05	19	19	18	17	19	19	16	15	18	18	18	17	19	17,85
20:02:05	18	19	19	17	18	19	16	15	18	18	18	18	18	17,77
21:02:05	17	18	19	17	18	19	15	15	19	18	18	18	18	17,62
22:02:05	16	18	18	18	18	19	15	15	19	18	18	18	19	17,62
23:02:05	16	18	18	20	18	18	15	15	18	18	18	18	19	17,62
<b>PROM_DIA</b>	<b>17,67</b>	<b>17,83</b>	<b>18,458</b>	<b>18,29</b>	<b>18,46</b>	<b>17,46</b>	<b>18,21</b>	<b>14,75</b>	<b>17,29</b>	<b>17,5</b>	<b>18,21</b>	<b>17,9167</b>	<b>18,458</b>	



Grafica 3. Caracterización de tanque caliente chillers, comportamiento desde el 18 de agosto hasta 03 de septiembre

TEMPERATURA PROMEDIO													
	18/8/07	19/8/07	20/8/07	21/8/07	22/8/07	23/8/07	24/8/07	25/8/07	27/8/07	31/8/07	01/9/07	02/9/07	03/9/07
PROM_DIA	17,667	17,333	18,833	18,667	18,433	17,433	18,233	14,75	17,167	17,5	18,233	17,667	18,833

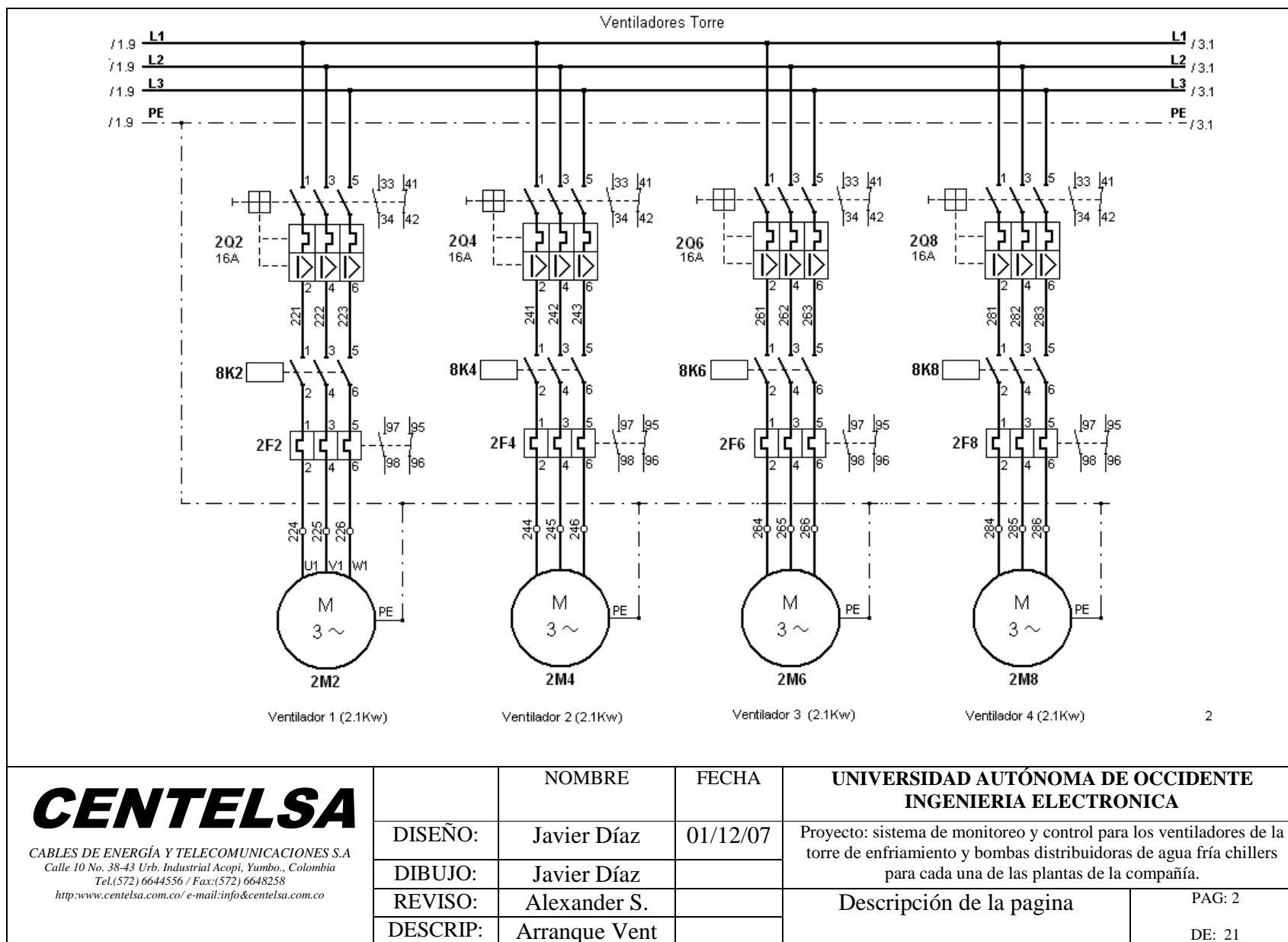
## Anexo C. Planos Eléctricos Tablero de Control

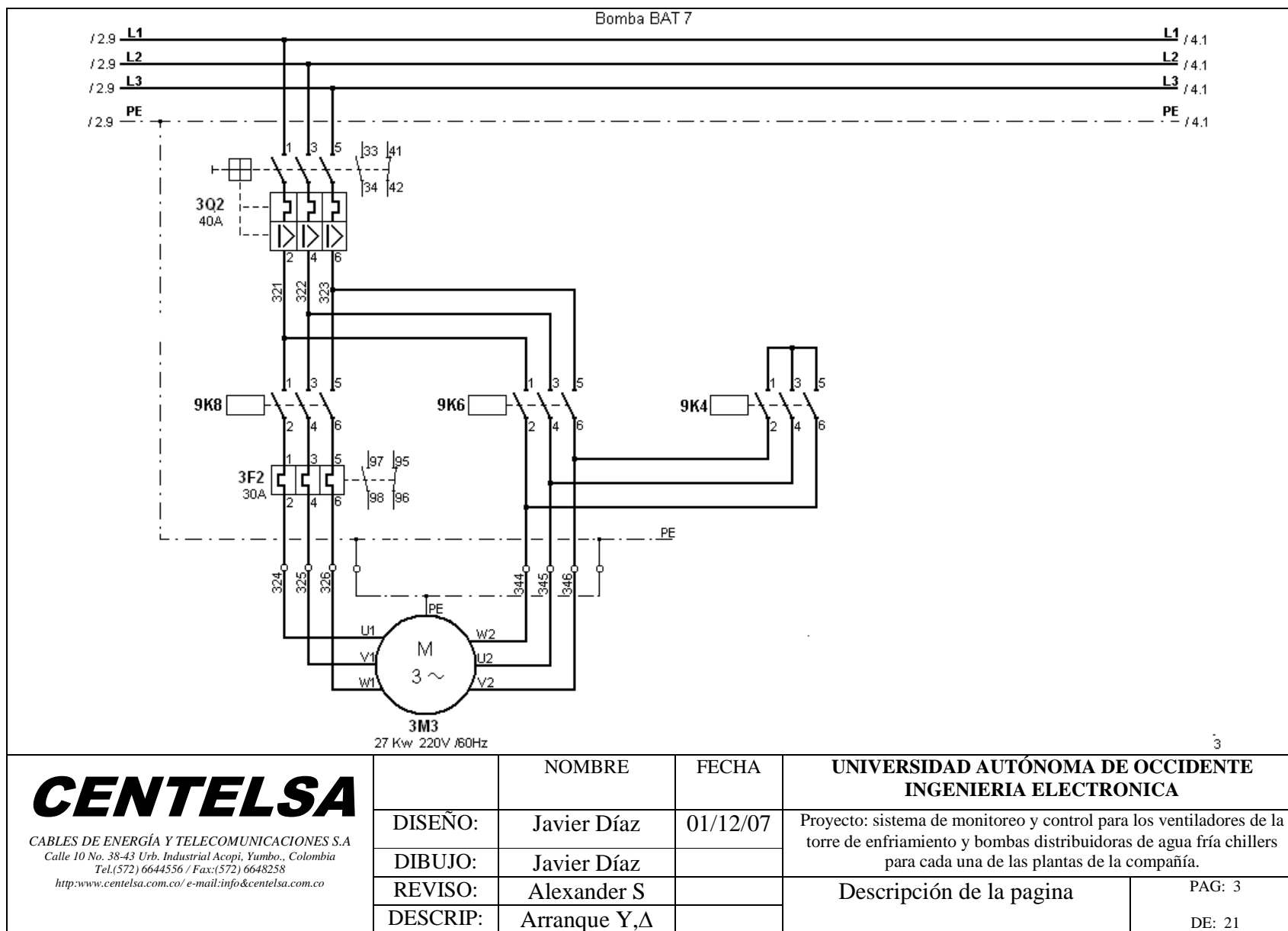


# CENTELSA

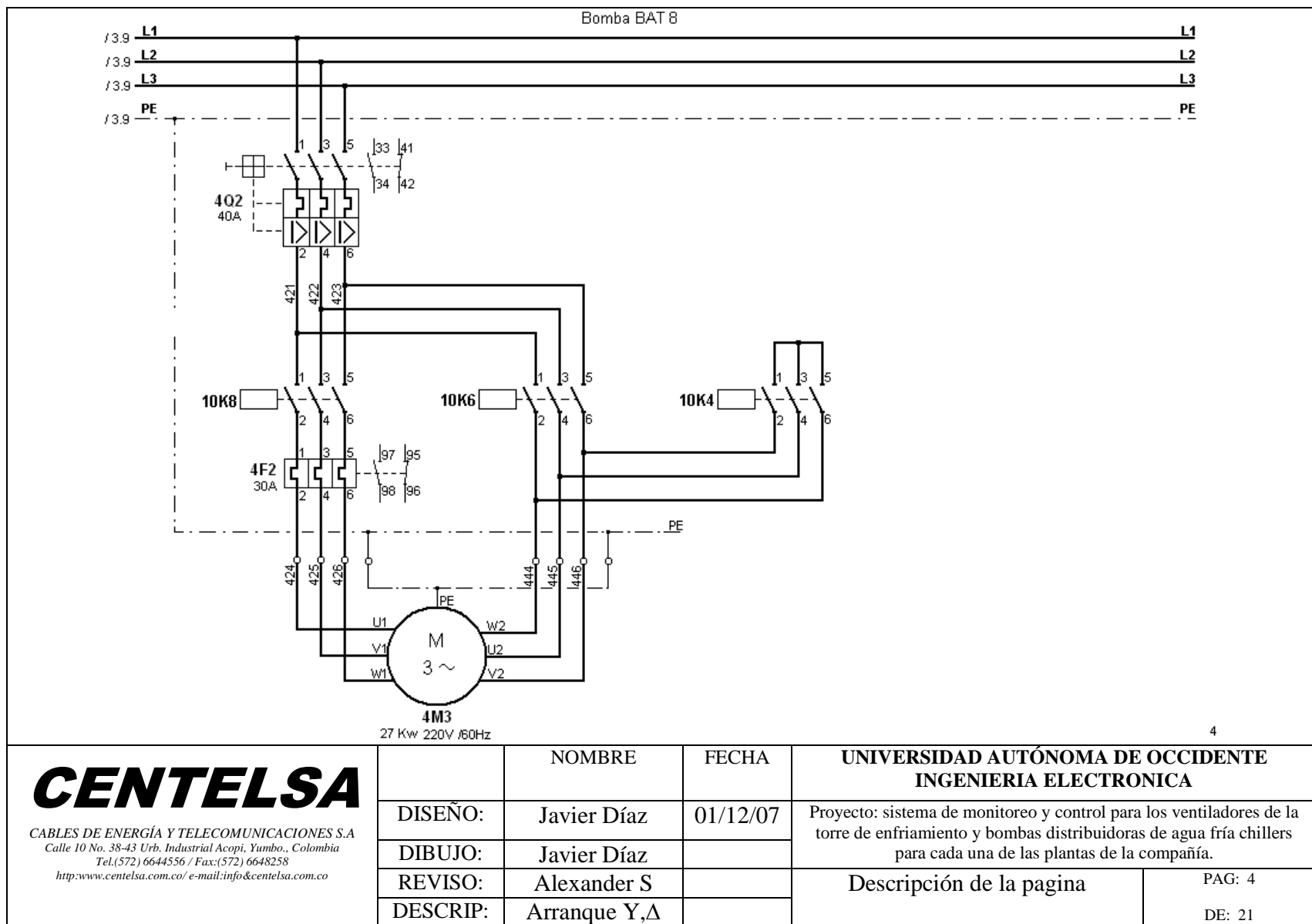
CABLES DE ENERGÍA Y TELECOMUNICACIONES S.A.  
Calle 10 No. 38-43 Urb. Industrial Acopi, Yumbo., Colombia  
Tel.(572) 6644556 / Fax:(572) 6648258  
<http://www.centelsa.com.co/> e-mail:info@centelsa.com.co

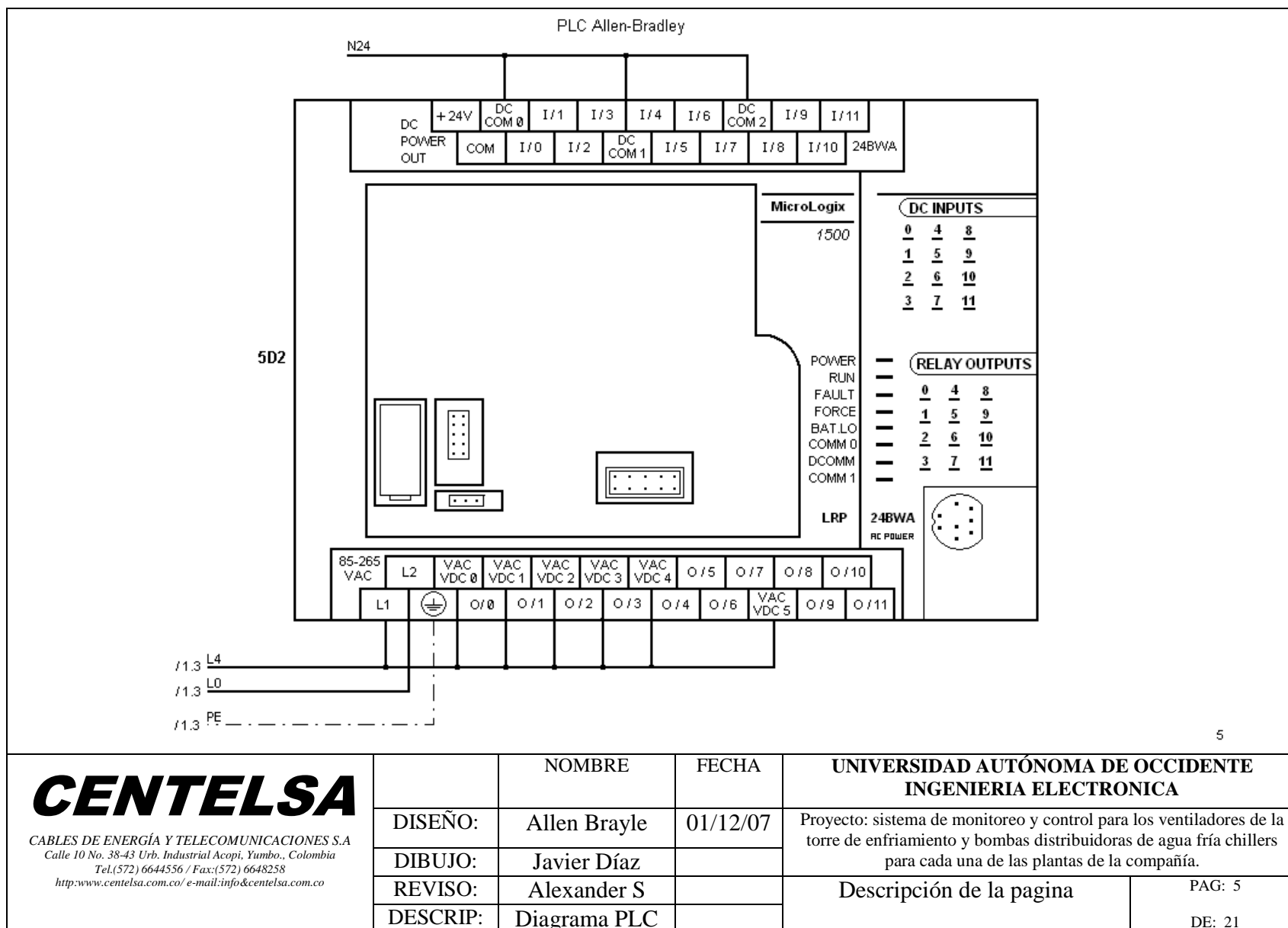
	NOMBRE	FECHA	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE INGENIERIA ELECTRONICA	
DISEÑO:	Javier Díaz	01/12/07	Proyecto: sistema de monitoreo y control para los ventiladores de la torre de enfriamiento y bombas distribuidoras de agua fría chillers para cada una de las plantas de la compañía.	
DIBUJO:	Javier Díaz			
REVISO:	Alexander S.		Descripción de la pagina	PAG: 1
DESCRIP:	Alim. tablero			DE: 21

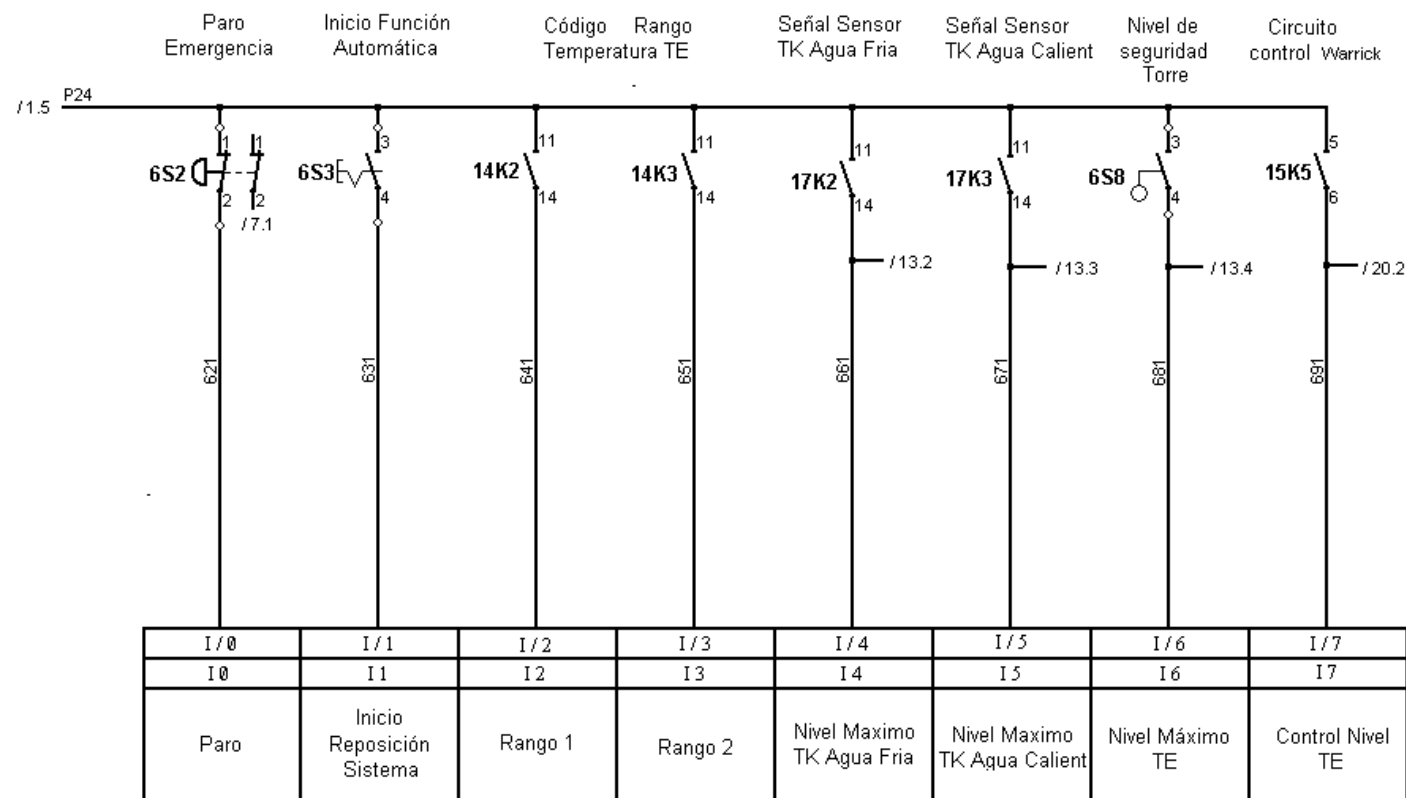












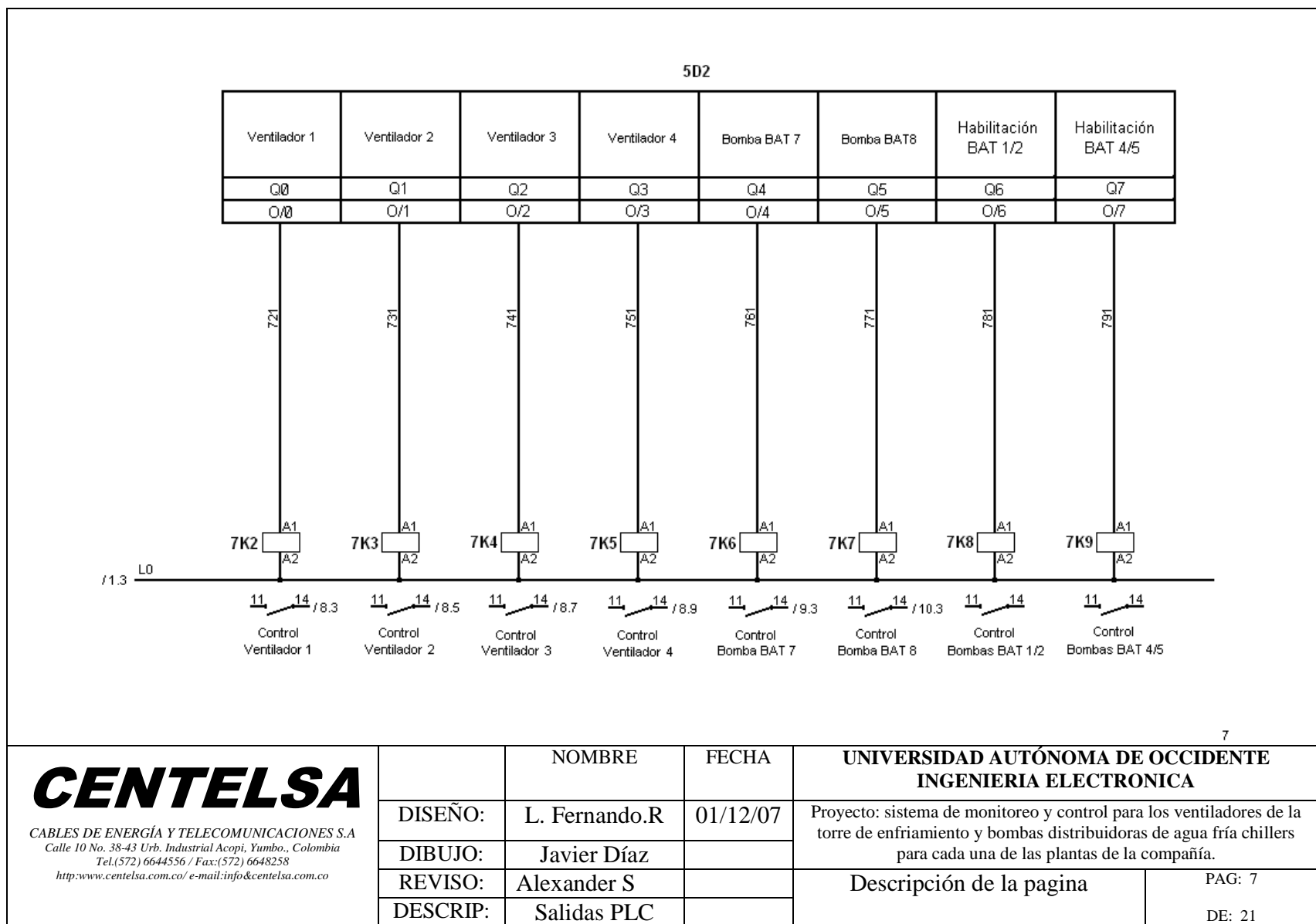
5D2

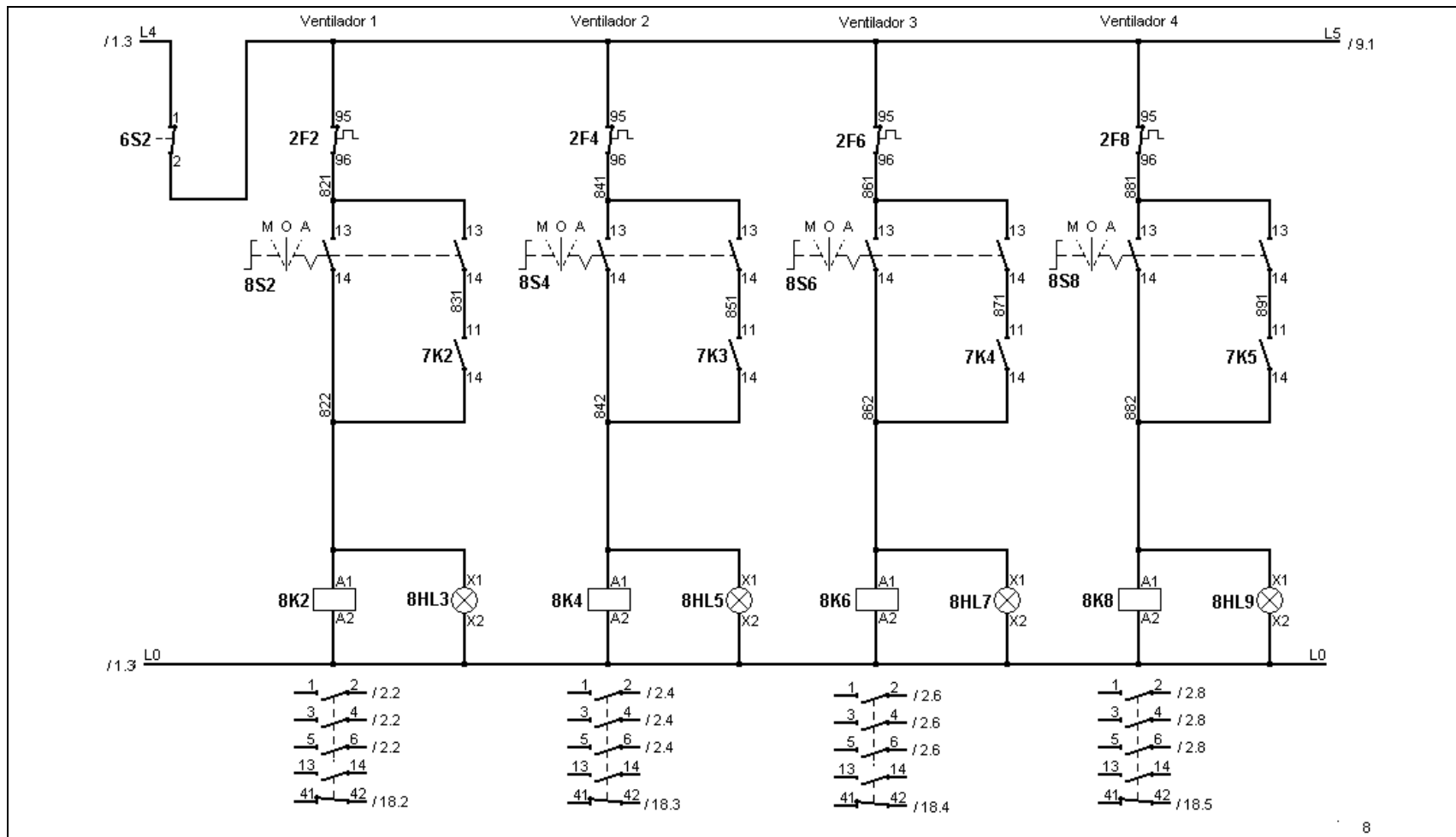
6

**CENTELSA**

CABLES DE ENERGÍA Y TELECOMUNICACIONES S.A  
Calle 10 No. 38-43 Urb. Industrial Acopi, Yumbo., Colombia  
Tel.(572) 6644556 / Fax:(572) 6648258  
<http://www.centelsa.com.co/> e-mail:info@centelsa.com.co

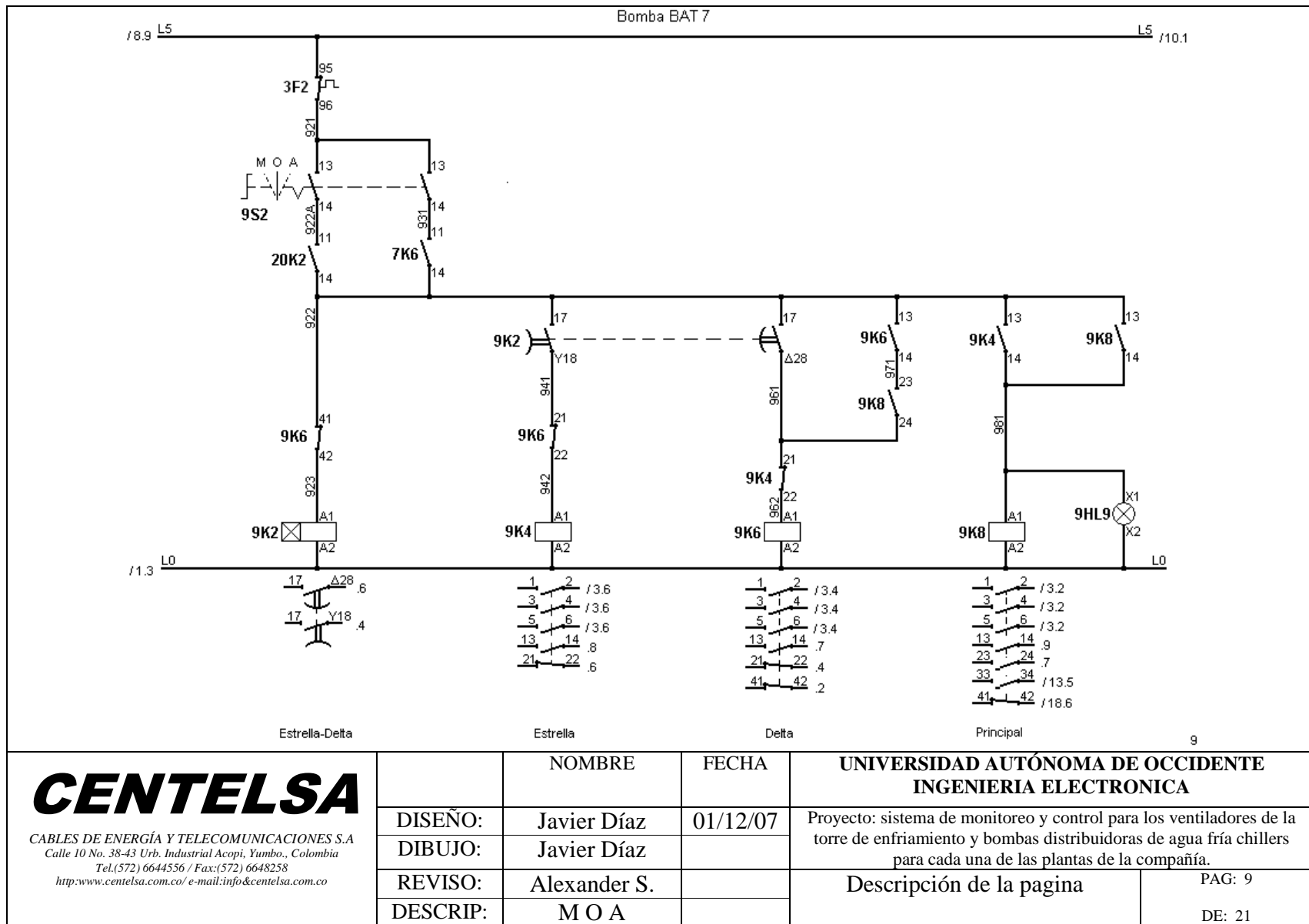
	NOMBRE	FECHA	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE INGENIERIA ELECTRONICA	
DISEÑO:	L. Fernando R.	01/12/07	Proyecto: sistema de monitoreo y control para los ventiladores de la torre de enfriamiento y bombas distribuidoras de agua fría chillers para cada una de las plantas de la compañía.	
DIBUJO:	Javier Díaz			
REVISO:	Alexander S.			
DESCRIP:	Entrada PLC		Descripción de la pagina	PAG: 6 DE: 21

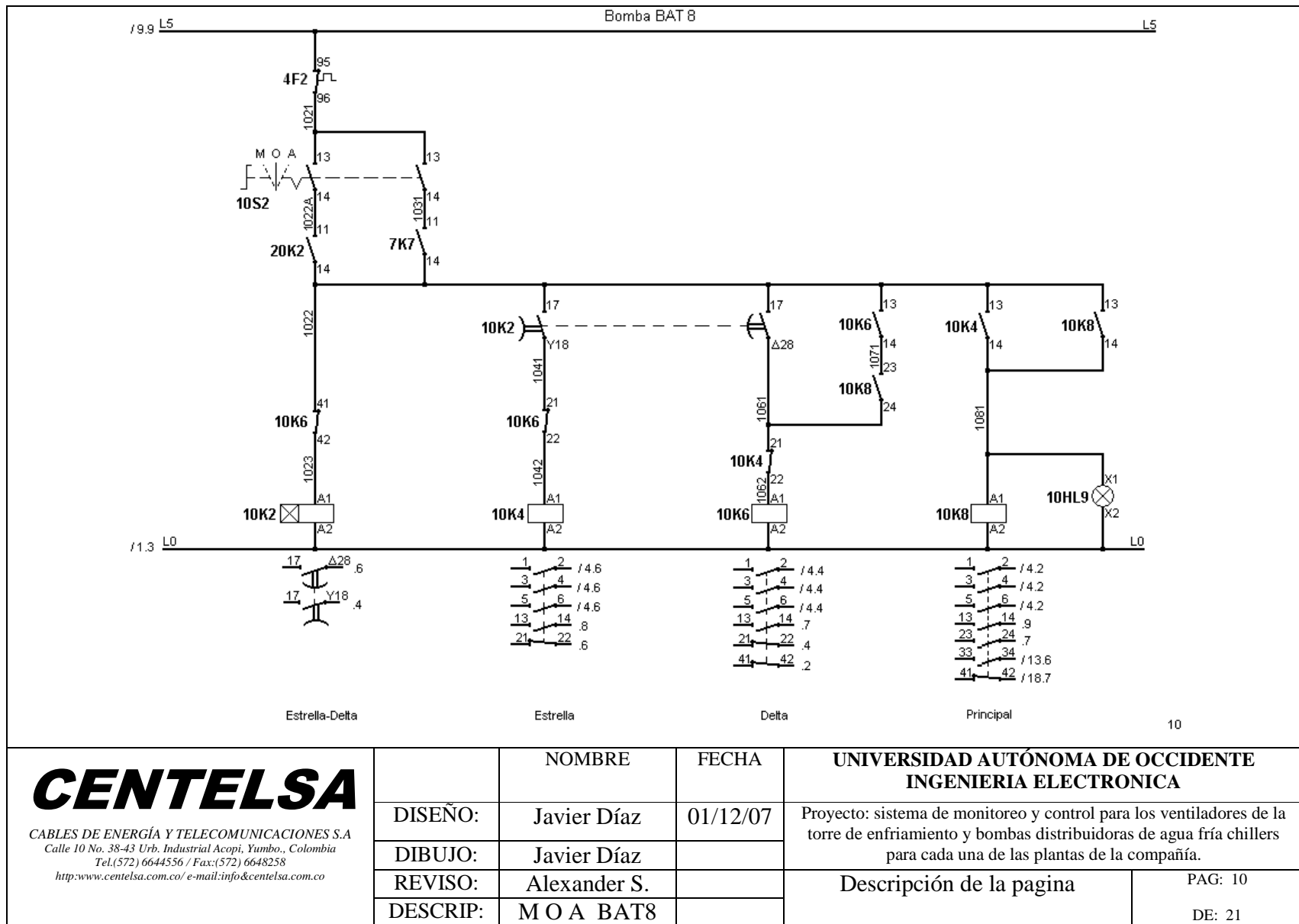


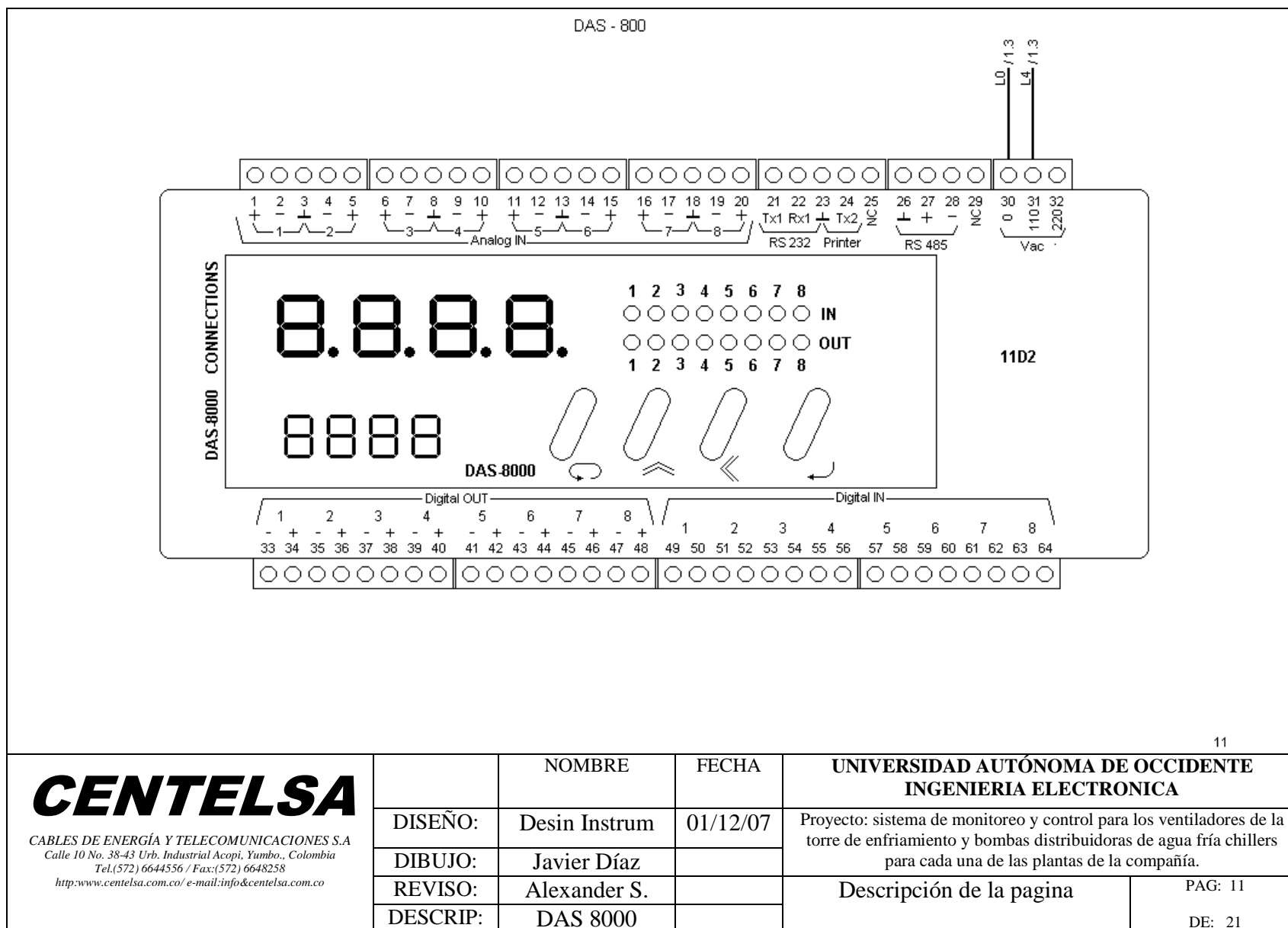


8

<b>CENTELSA</b> CABLES DE ENERGÍA Y TELECOMUNICACIONES S.A Calle 10 No. 38-43 Urb. Industrial Acopi, Yumbo., Colombia Tel.(572) 6644556 / Fax:(572) 6648258 http:www.centelsa.com.co/ e-mail:info@centelsa.com.co		NOMBRE	FECHA	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE INGENIERIA ELECTRONICA	
	DISEÑO:	Javier Díaz	01/12/07	Proyecto: sistema de monitoreo y control para los ventiladores de la torre de enfriamiento y bombas distribuidoras de agua fría chillers para cada una de las plantas de la compañía.	
	DIBUJO:	Javier Díaz			
	REVISO:	Alexander S.		Descripción de la pagina	
	DESCRIP:	M O A			
				PAG: 8	DE: 21

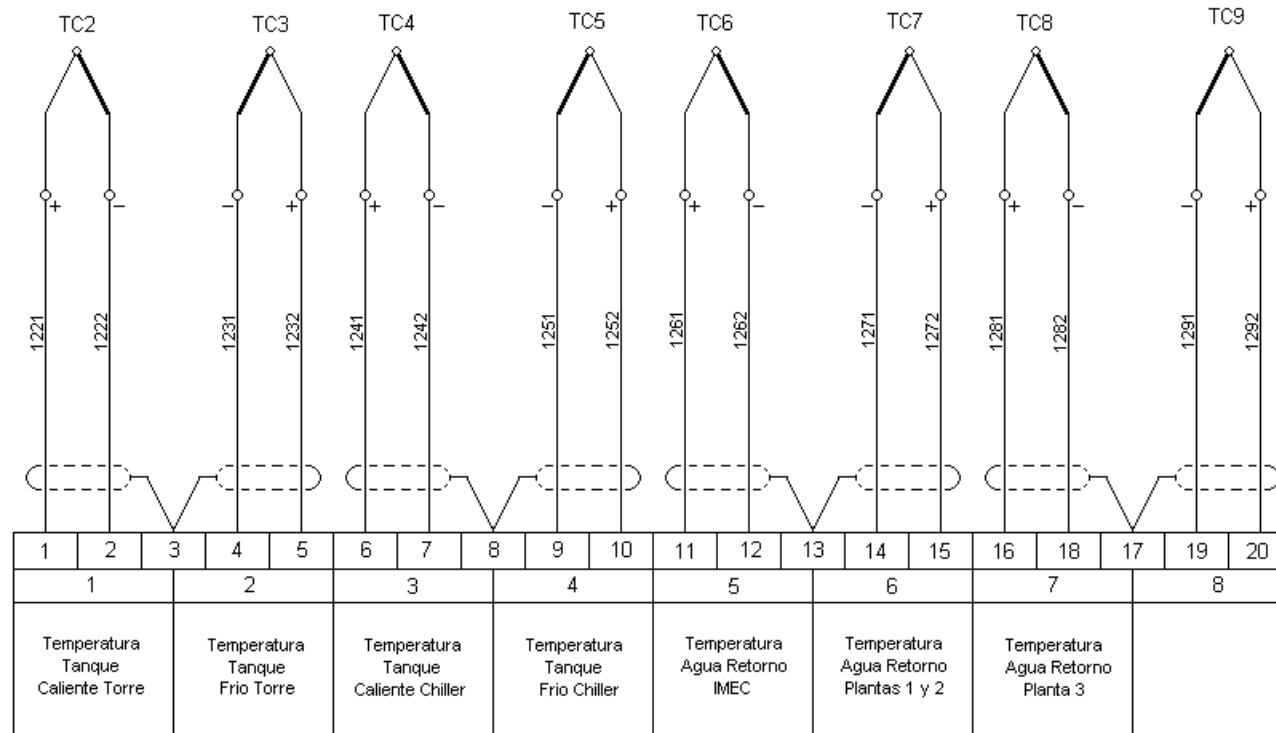








Entradas Análogas Dass-8000



11D2

12

**CENTELSA**

CABLES DE ENERGÍA Y TELECOMUNICACIONES S.A  
Calle 10 No. 38-43 Urb. Industrial Acopi, Yumbo., Colombia  
Tel.(572) 6644556 / Fax:(572) 6648258  
<http://www.centelsa.com.co/> e-mail:info@centelsa.com.co

NOMBRE

FECHA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE  
INGENIERIA ELECTRONICA

DISEÑO:

L. Fernando. R

01/12/07

Proyecto: sistema de monitoreo y control para los ventiladores de la torre de enfriamiento y bombas distribuidoras de agua fría chillers para cada una de las plantas de la compañía.

DIBUJO:

Javier Díaz

REVISO:

Alexander S.

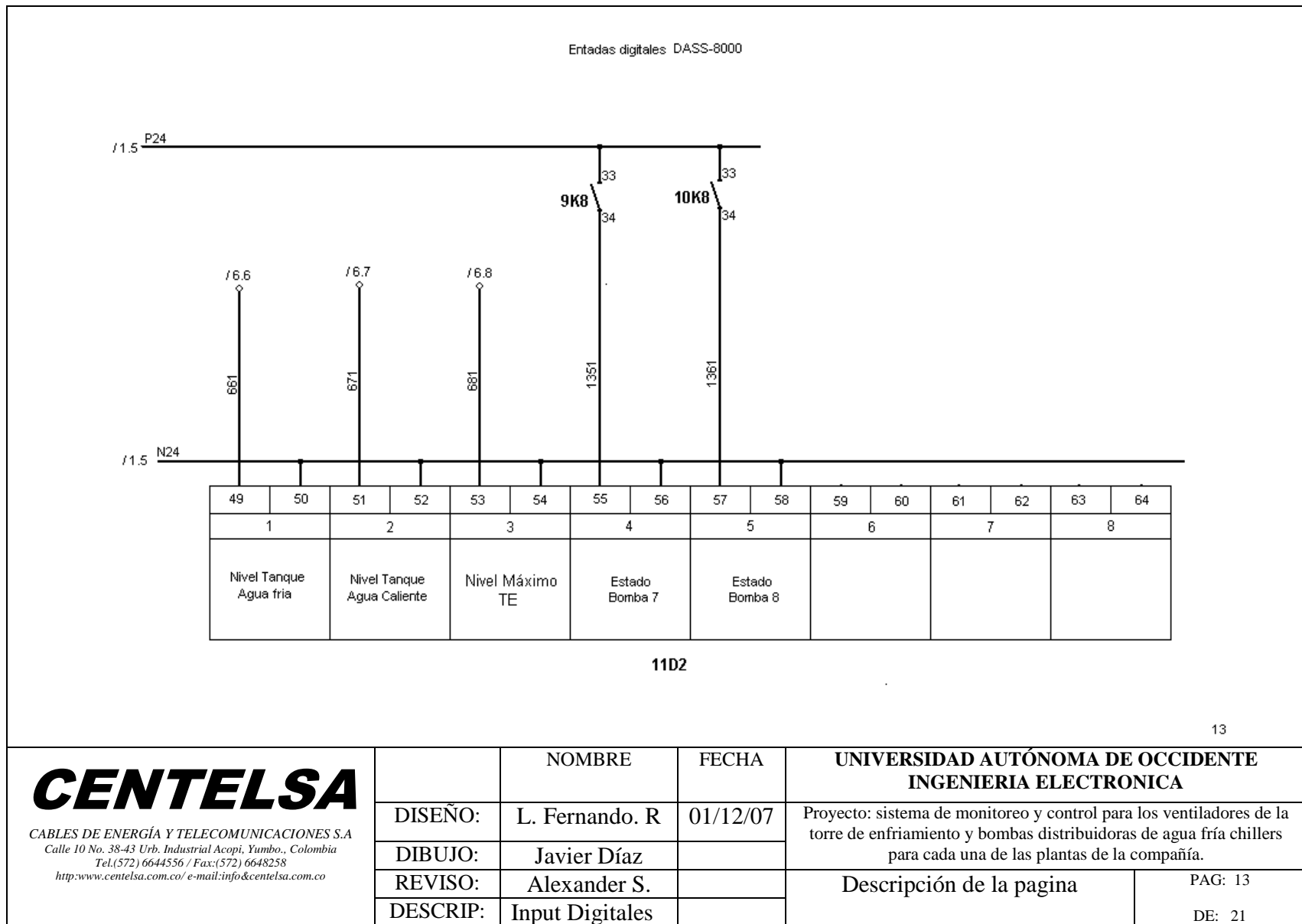
DESCRIP:

Input Analogas

Descripción de la pagina

PAG: 12

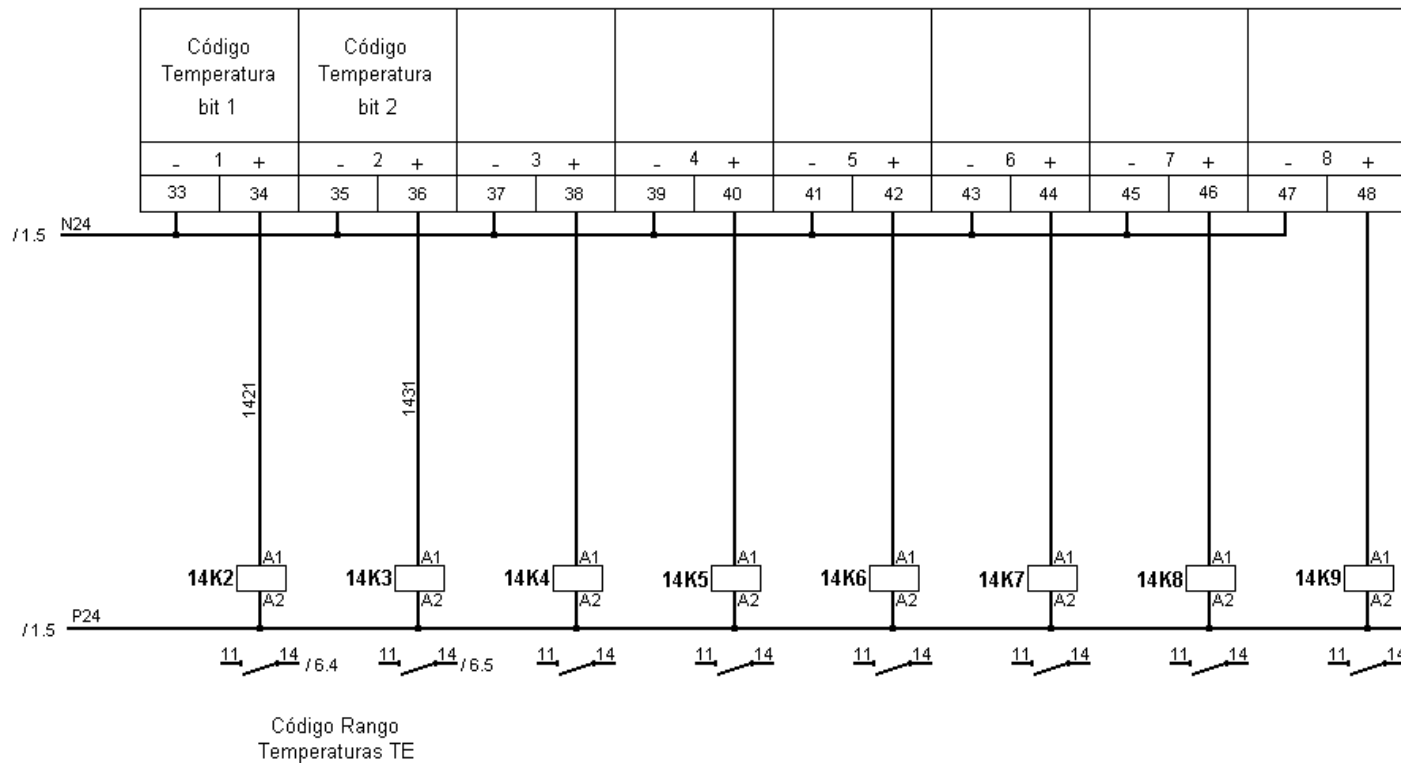
DE: 21



DASS-8000

· Digital OUT ·

11D2

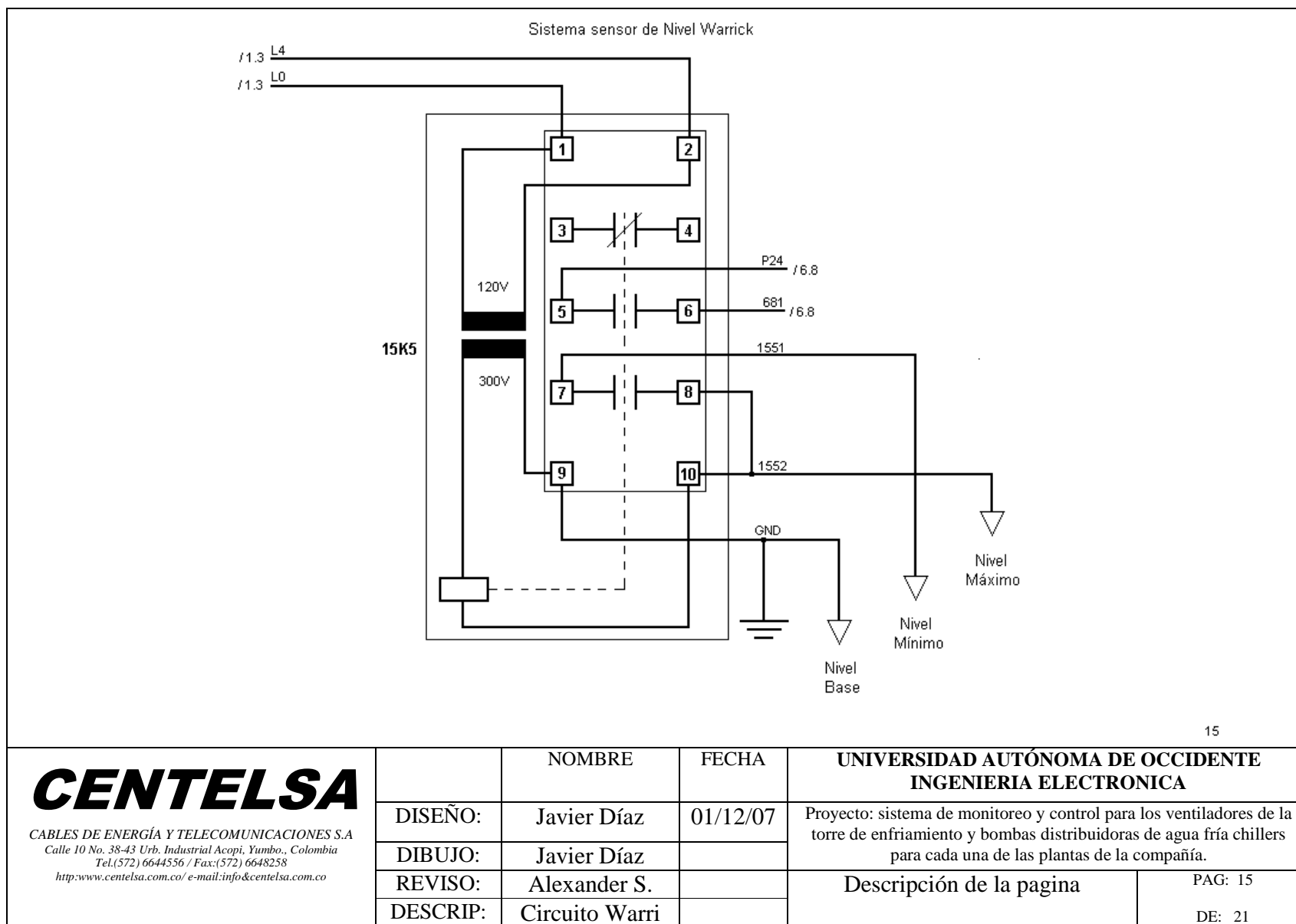


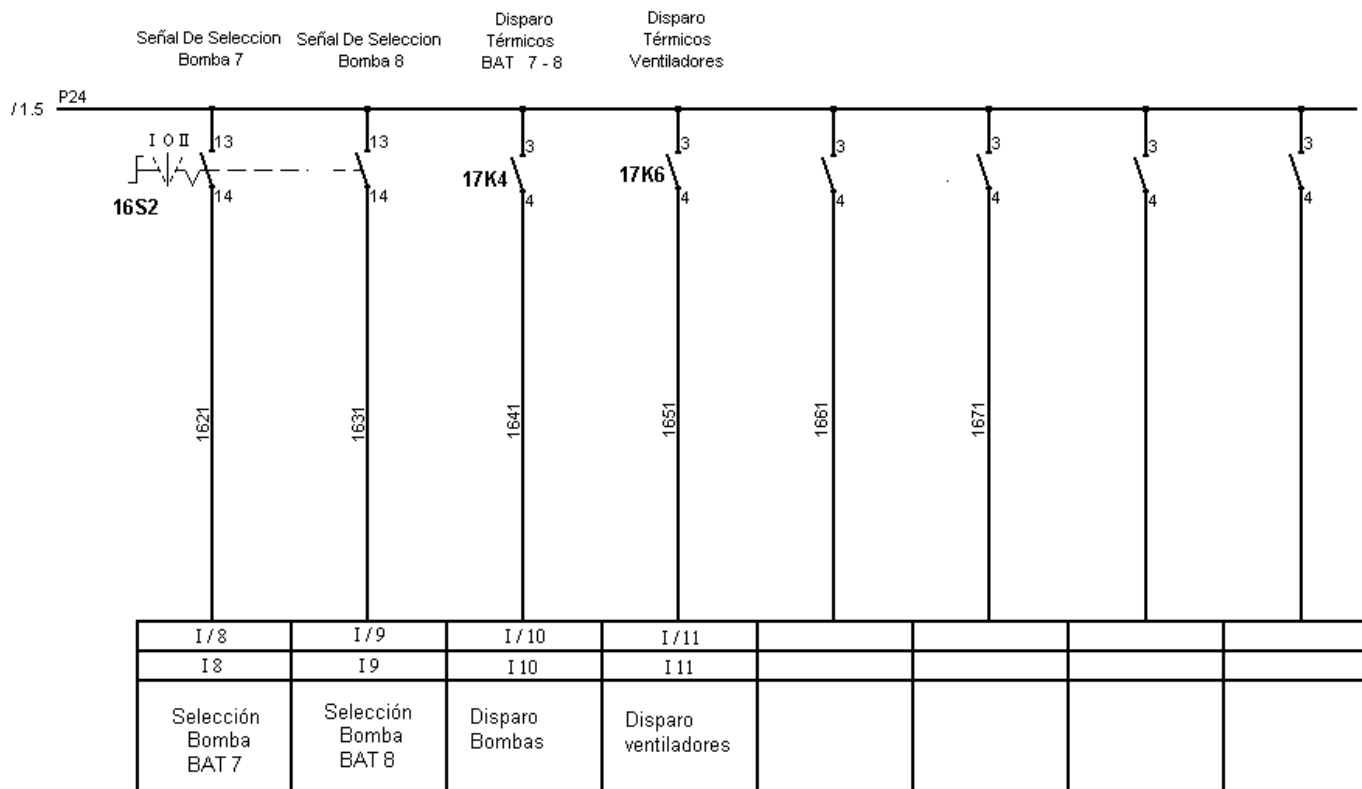
14

# CENTELSA

CABLES DE ENERGÍA Y TELECOMUNICACIONES S.A  
Calle 10 No. 38-43 Urb. Industrial Acopi, Yumbo., Colombia  
Tel.(572) 6644556 / Fax:(572) 6648258  
<http://www.centelsa.com.co/> e-mail:info@centelsa.com.co

	NOMBRE	FECHA	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE INGENIERIA ELECTRONICA	
DISEÑO:	L. Fernando R.	01/12/07	Proyecto: sistema de monitoreo y control para los ventiladores de la torre de enfriamiento y bombas distribuidoras de agua fría chillers para cada una de las plantas de la compañía.	
DIBUJO:	Javier Díaz			
REVISO:	Alexander S.		Descripción de la pagina	PAG: 14
DESCRIP:	Output Digital			DE: 21





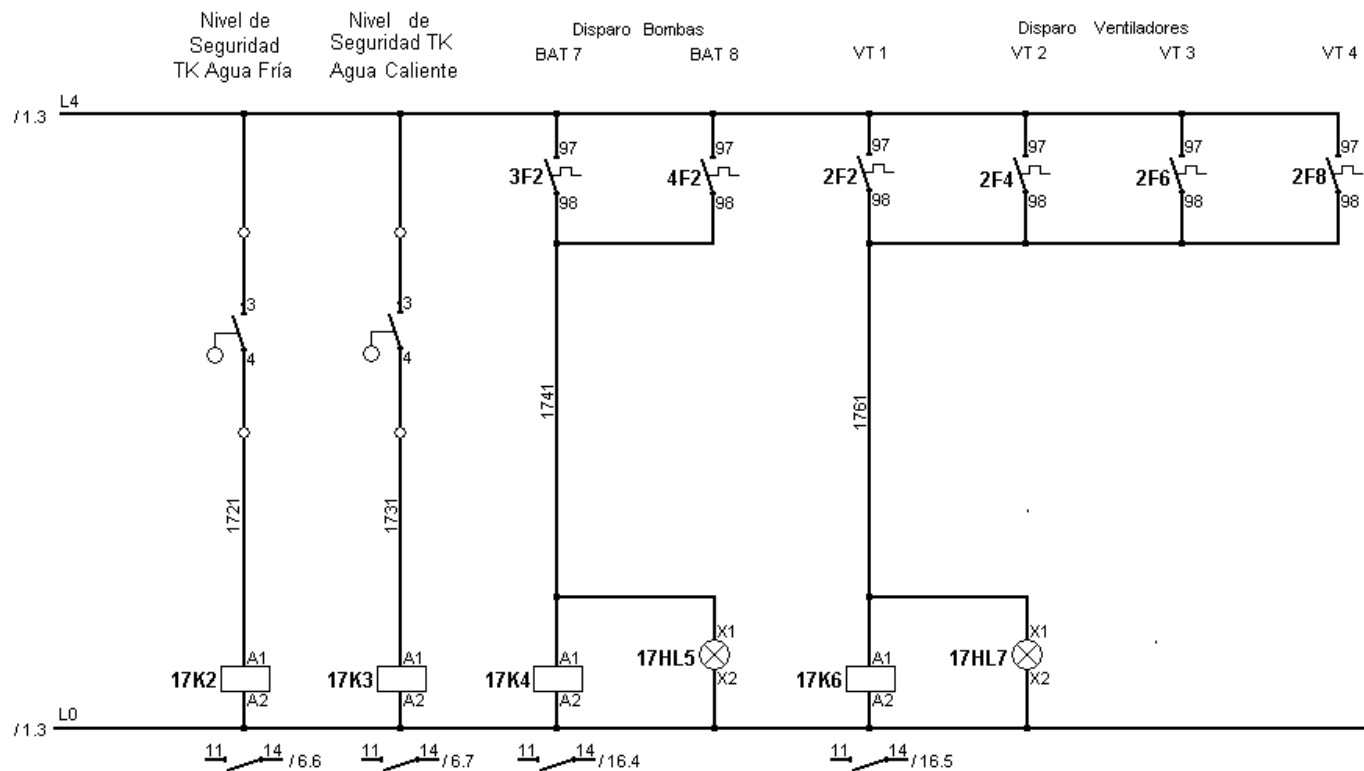
5D2

16

**CENTELSA**

CABLES DE ENERGÍA Y TELECOMUNICACIONES S.A  
Calle 10 No. 38-43 Urb. Industrial Acopi, Yumbo., Colombia  
Tel.(572) 6644556 / Fax:(572) 6648258  
<http://www.centelsa.com.co/> e-mail:info@centelsa.com.co

	NOMBRE	FECHA	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE INGENIERIA ELECTRONICA	
DISEÑO:	L. Fernando R.	01/12/07	Proyecto: sistema de monitoreo y control para los ventiladores de la torre de enfriamiento y bombas distribuidoras de agua fría chillers para cada una de las plantas de la compañía.	
DIBUJO:	Javier Díaz			
REVISO:	Alexander S.		Descripción de la pagina	PAG: 16
DESCRIP:	Input Digitales.			DE: 21

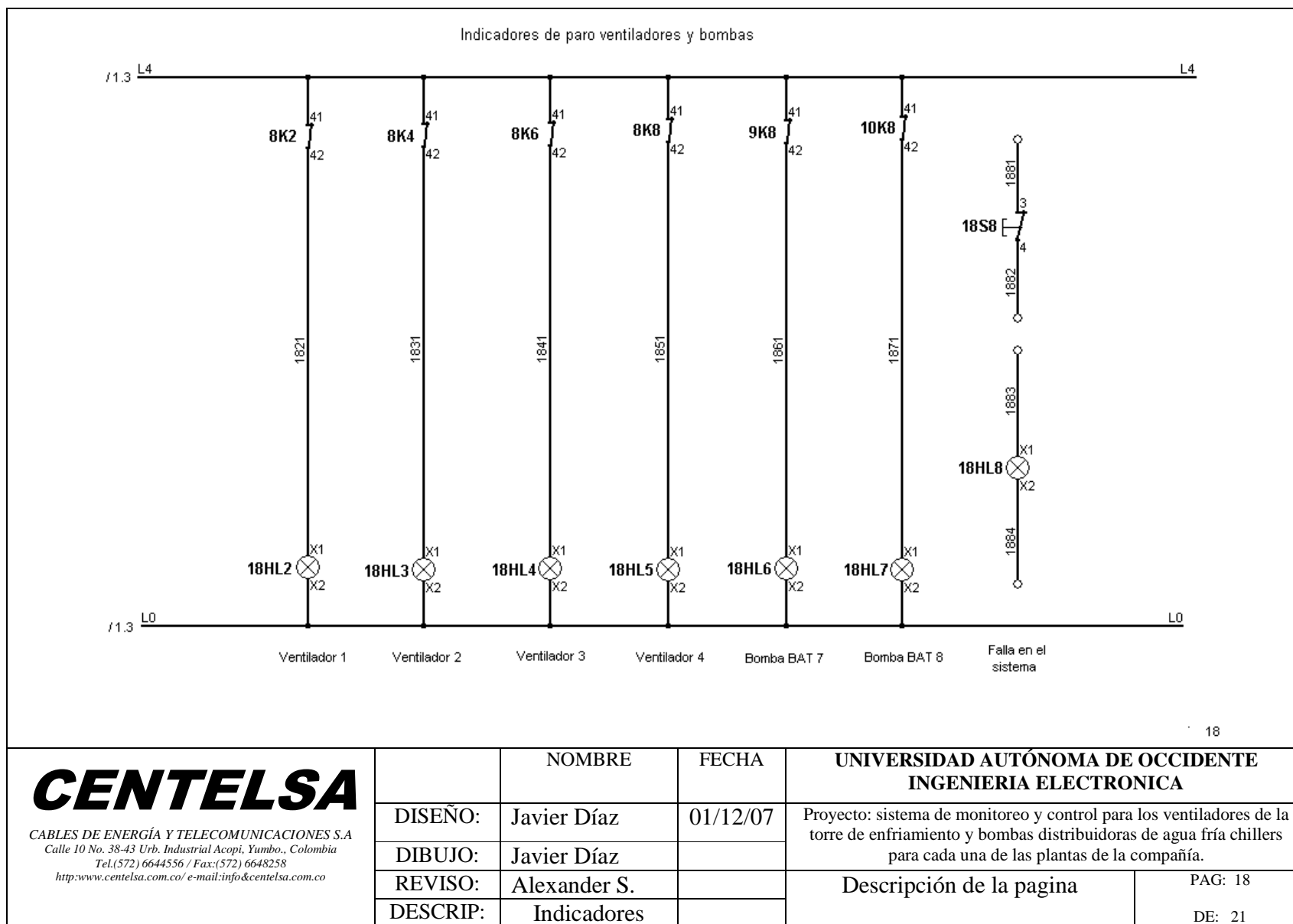


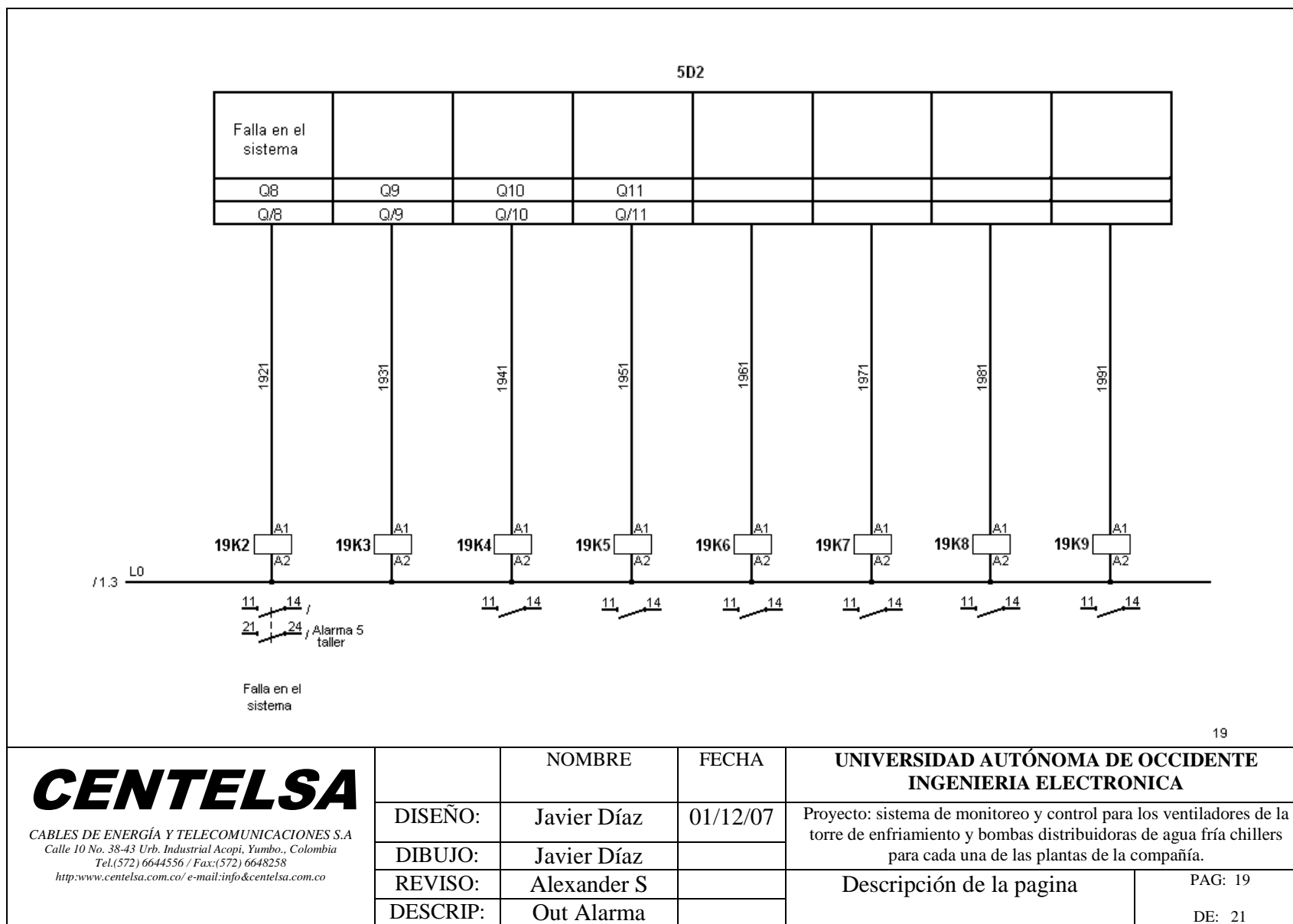
17

**CENTELSA**

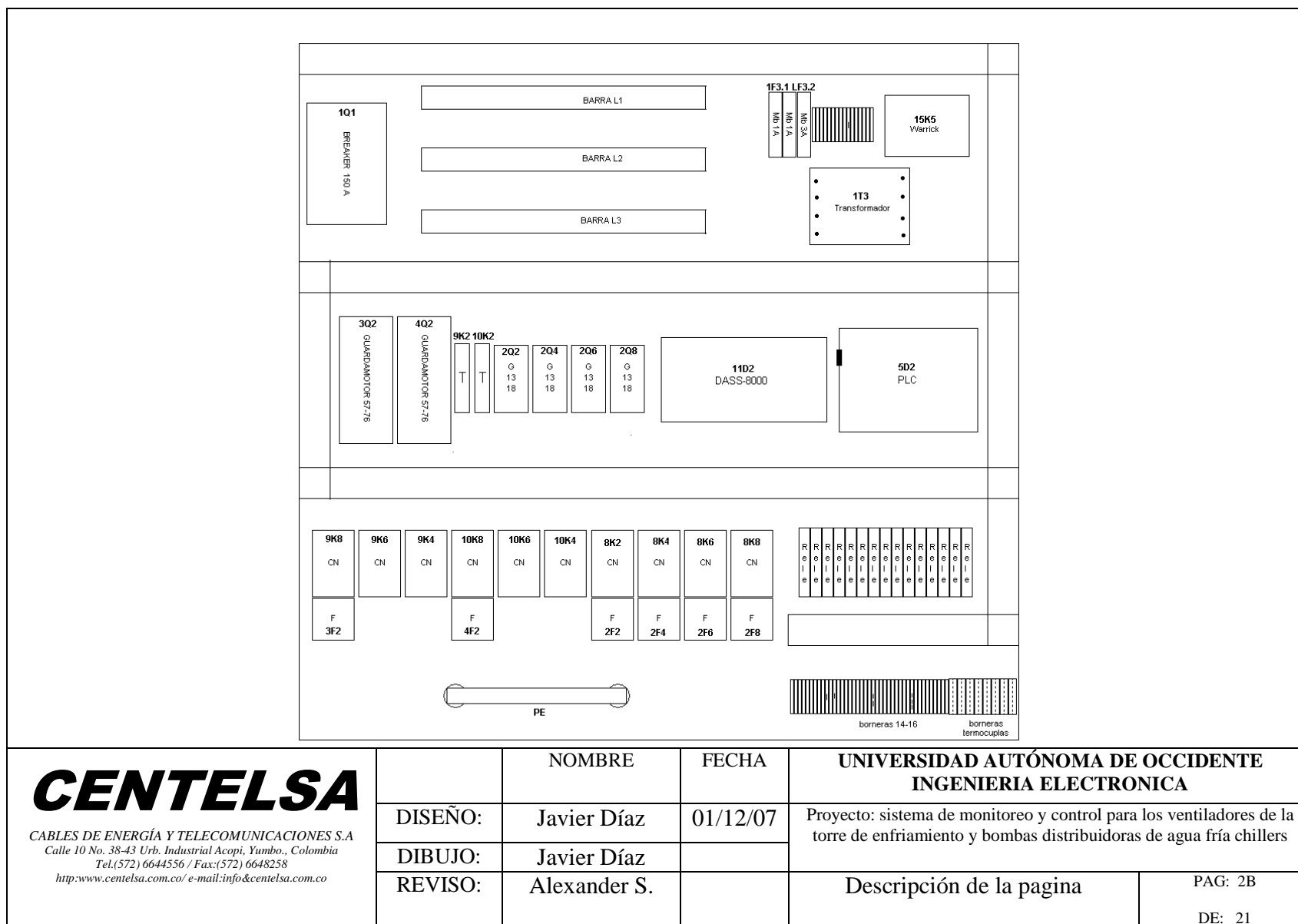
CABLES DE ENERGÍA Y TELECOMUNICACIONES S.A.  
Calle 10 No. 38-43 Urb. Industrial Acopi, Yumbo., Colombia  
Tel.(572) 6644556 / Fax:(572) 6648258  
<http://www.centelsa.com.co/> e-mail:info@centelsa.com.co

	NOMBRE	FECHA	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE INGENIERIA ELECTRONICA	
DISEÑO:	Javier Díaz.	01/12/07	Proyecto: sistema de monitoreo y control para los ventiladores de la torre de enfriamiento y bombas distribuidoras de agua fría chillers para cada una de las plantas de la compañía.	
DIBUJO:	Javier Díaz			
REVISO:	Alexander S.		Descripción de la pagina	PAG: 17
DESCRIP:	Alarmas Term			DE: 21









Selección  
BAT 7 0 BAT 8

Activación  
Manual 0 Automático

Disparo  
Ventiladores

Disparo  
Bombas

Sistema  
Chillers Disparado

Reset  
Sistema Chiller

Paro Emergencia

CCM TORRE 1

Ventilador 1  
Auto 0 Man

Encendido

Apagado

Ventilador 2  
Auto 0 Man

Encendido

Apagado

Ventilador 3  
Auto 0 Man

Encendido

Apagado

Ventilador 4  
Auto 0 Man

Encendido

Apagado

BAT 7  
Auto 0 Man

Encendido

Apagado

BAT 8  
Auto 0 Man

Encendido

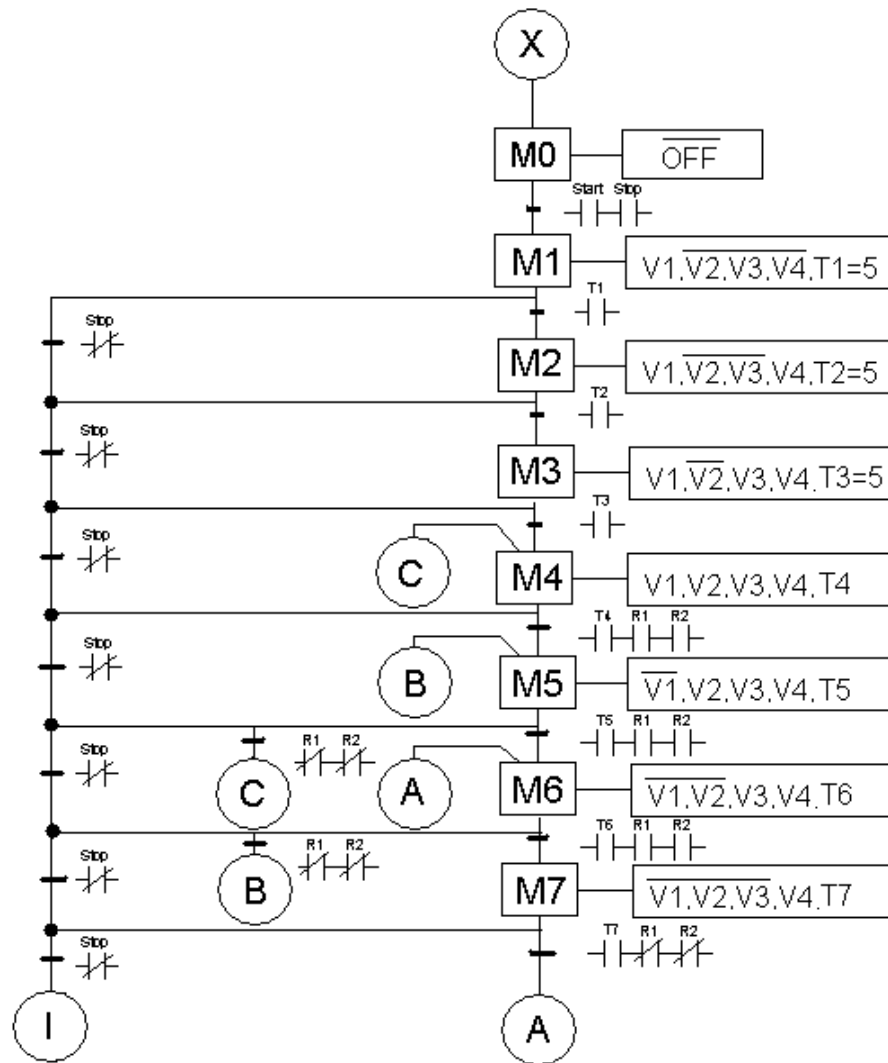
Apagado

**CENTELSA**

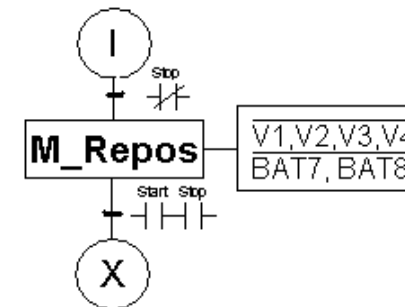
CABLES DE ENERGÍA Y TELECOMUNICACIONES S.A  
Calle 10 No. 38-43 Urb. Industrial Acopi, Yumbo., Colombia  
Tel.(572) 6644556 / Fax:(572) 6648258  
<http://www.centelsa.com.co/> e-mail:info@centelsa.com.co

	NOMBRE	FECHA	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE INGENIERIA ELECTRONICA	
DISEÑO:	L. Fernando. R	01/12/07	Proyecto: sistema de monitoreo y control para los ventiladores de la torre de enfriamiento y bombas distribuidoras de agua fría chillers	
DIBUJO:	L. Fernando. R			
REVISO:	Alexander S.		Descripción de la pagina	PAG: 21
DESCRIP	Tablero Frontal			DE: 21

**Anexo D**  
**GRAFNET DE CONTROL POR TEMPERATURA**  
**PARA VENTILADORES DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO TOWER TECH**



**PARO EMERGENCIA**



**GLOSARIO**

V1	Ventilador_1
V2	Ventilador_2
V3	Ventilador_3
V4	Ventilador_4
Start	Selector Automatico
Stop	Paro De Emergencia
R1	Salida Digital 1 DAS_8000
R2	Salida Digital 2 DAS_8000

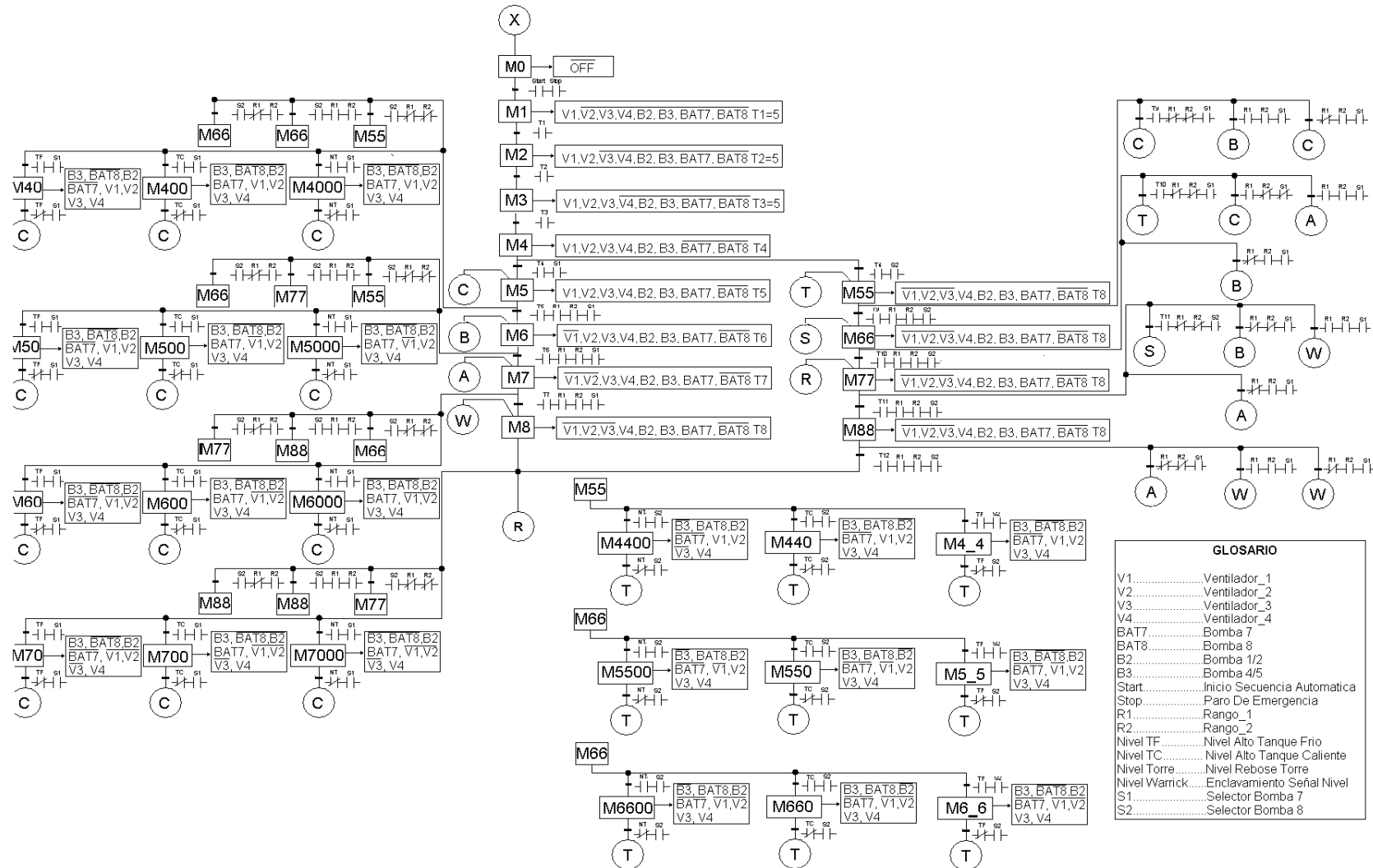
## ENTRADAS Y SALIDAS PLC MICROLOGIX 1500

<b>I:0/0</b>	STOP	<b>O:0/0</b>	VENTILADOR_1
<b>I:0/1</b>	START	<b>O:0/1</b>	VENTILADOR_2
<b>I:0/2</b>	RANGO_1	<b>O:0/2</b>	VENTILADOR_3
<b>I:0/3</b>	RANGO_2	<b>O:0/3</b>	VENTILADOR_4
<b>I:0/4</b>	NIVEL_TF	<b>O:0/4</b>	BAT7
<b>I:0/5</b>	NIVEL_TC	<b>O:0/5</b>	BAT8
<b>I:0/6</b>	NIVEL TORRE	<b>O:0/6</b>	BOMBA 2
<b>I:0/7</b>	NIVEL WARRICK	<b>O:0/7</b>	BOMBA 3
<b>I:0/8</b>	SELECTOR_1	<b>O:0/8</b>	FALLA GENERAL _ TALLER
<b>I:0/9</b>	SELECTOR_2	<b>O:0/9</b>	
<b>I:0/10</b>	DISPARO BAT7_8	<b>O:0/10</b>	
<b>I:0/11</b>	DISPARO VENT1_4	<b>O:0/11</b>	
<b>I:0/12</b>	NIVEL TF_BAJO	<b>O:0/12</b>	
<b>I:0/13</b>	NIVEL TC_BAJO	<b>O:0/13</b>	

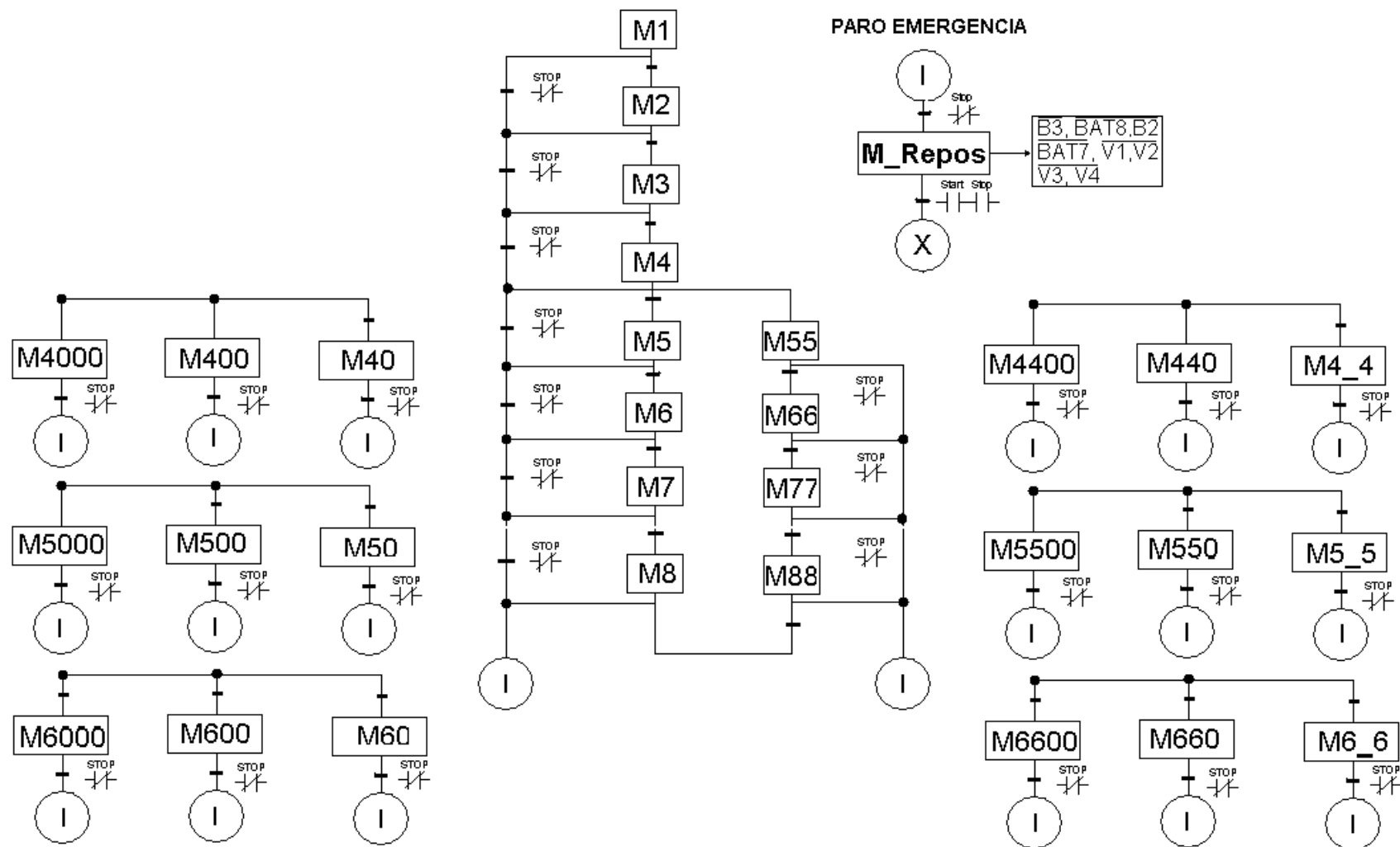
## DATA FILE DIRECCIONAMIENTO DE MEMORIAS DE PROGRAMA Y TIMER

<b>B3:0/0</b>	M0	<b>Offset</b>	<b>DN</b>	<b>BASE</b>	<b>PRE</b>
<b>B3:0/1</b>	M1	<b>T4:0</b>	0	1.0 sec	5
<b>B3:0/2</b>	M2	<b>T4:1</b>	0	1.0 sec	5
<b>B3:0/3</b>	M3	<b>T4:2</b>	0	1.0 sec	5
<b>B3:0/4</b>	M4	<b>T4:3</b>	0	1.0 sec	5
<b>B3:0/5</b>	M5	<b>T4:4</b>	0	1.0 sec	600
<b>B3:0/6</b>	M6	<b>T4:5</b>	0	1.0 sec	600
<b>B3:0/7</b>	M7	<b>T4:6</b>	0	1.0 sec	600
<b>B3:0/8</b>	M_REPOS				

# **Anexo E** **GRAFNET TOTAL DE CONTROL POR TEMPERATURA PARA VENTILADORES Y BOMBAS DE LA** **TORRE DE ENFRIAMIENTO TOWER TECH**



## ROUTINA REINICIACION DEL SISTEMA POR PARO DE EMERGENCIA



## ENTRADAS Y SALIDAS PLC MICROLOGIX 1500

<b>I:0/0</b>	STOP	<b>O:0/0</b>	VENTILADOR_1
<b>I:0/1</b>	START	<b>O:0/1</b>	VENTILADOR_2
<b>I:0/2</b>	RANGO_1	<b>O:0/2</b>	VENTILADOR_3
<b>I:0/3</b>	RANGO_2	<b>O:0/3</b>	VENTILADOR_4
<b>I:0/4</b>	NIVEL_TF	<b>O:0/4</b>	BAT7
<b>I:0/5</b>	NIVEL_TC	<b>O:0/5</b>	BAT8
<b>I:0/6</b>	NIVEL TORRE	<b>O:0/6</b>	BOMBA 2
<b>I:0/7</b>	NIVEL WARRICK	<b>O:0/7</b>	BOMBA 3
<b>I:0/8</b>	SELECTOR_1	<b>O:0/8</b>	FALLA GENERAL _ TALLER
<b>I:0/9</b>	SELECTOR_2	<b>O:0/9</b>	
<b>I:0/10</b>	DISPARO BAT7_8	<b>O:0/10</b>	
<b>I:0/11</b>	DISPARO VENT1_4	<b>O:0/11</b>	
<b>I:0/12</b>	NIVEL TF_BAJO	<b>O:0/12</b>	
<b>I:0/13</b>	NIVEL TC_BAJO	<b>O:0/13</b>	

## DATA FILE DIRECCIONAMIENTO DE MEMORIAS DE PROGRAMA Y TIMER

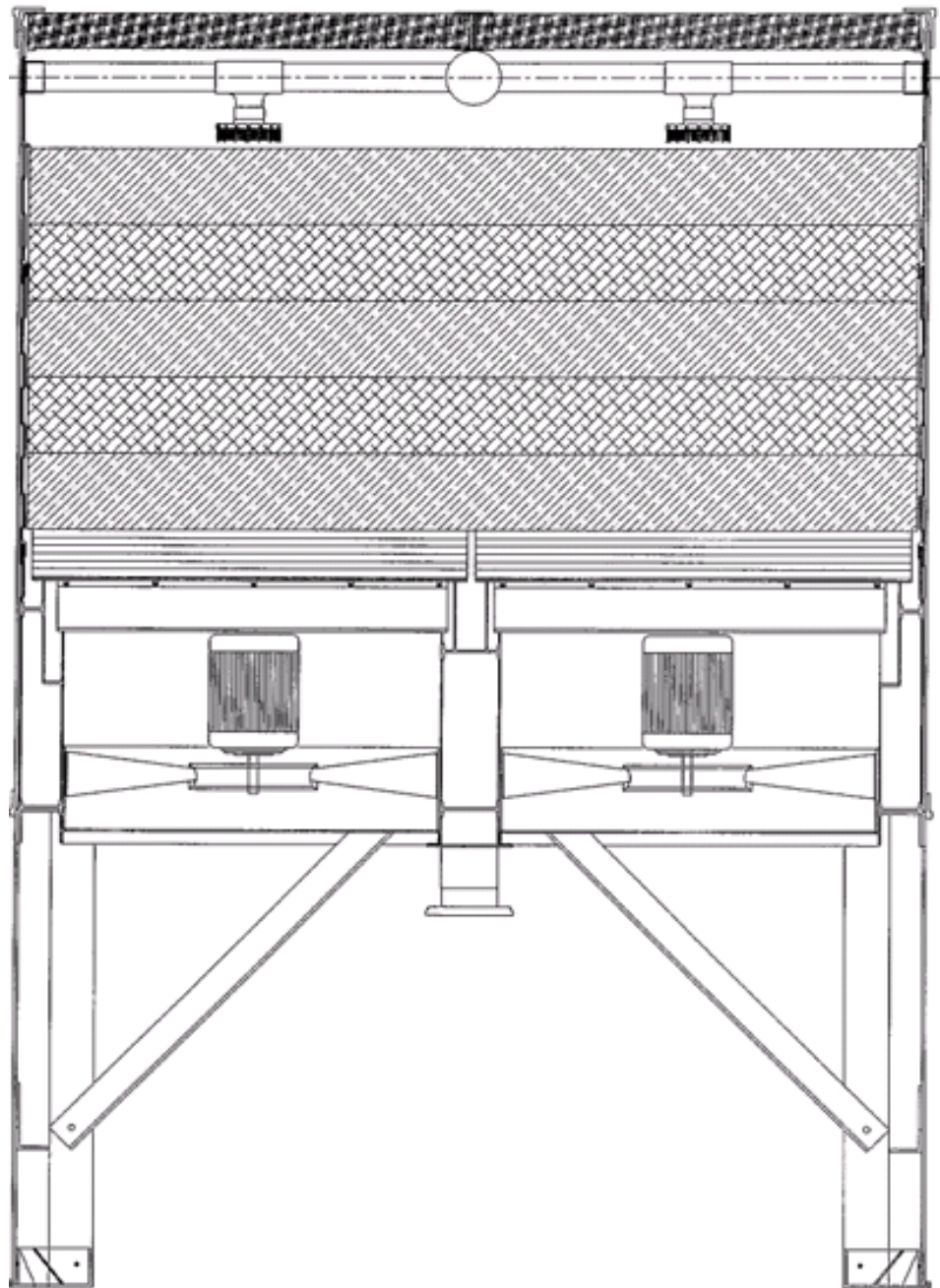
<b>B3:0/0</b>	M0	<b>B3:1/0</b>	M600	<b>B3:2/0</b>	PRENDER_VENTILADOR3	<b>B3:3/0</b>	PRENDER_BOMBA3
<b>B3:0/1</b>	M1	<b>B3:1/1</b>	M6000	<b>B3:2/1</b>	PRENDE_VENTILADOR_4	<b>B3:3/1</b>	PRENDER_BOMBA_3
<b>B3:0/2</b>	M2	<b>B3:1/2</b>	M70	<b>B3:2/2</b>	PRENDE_VENTILADOR4	<b>B3:3/2</b>	PRENDE_BOMBA_3
<b>B3:0/3</b>	M3	<b>B3:1/3</b>	M700	<b>B3:2/3</b>	PRENDER_VENTILADOR_4	<b>B3:3/3</b>	M55
<b>B3:0/4</b>	M4	<b>B3:1/4</b>	M7000	<b>B3:2/4</b>	PRENDER_VENTILADOR4	<b>B3:3/4</b>	M66
<b>B3:0/5</b>	M5	<b>B3:1/5</b>	PRENDE_VENTILADOR_1	<b>B3:2/5</b>	PRENDE_BAT_7	<b>B3:3/5</b>	M77
<b>B3:0/6</b>	M6	<b>B3:1/6</b>	PRENDE_VENTILADOR1	<b>B3:2/6</b>	PRENDER_BAT_7	<b>B3:3/6</b>	M88
<b>B3:0/7</b>	M7	<b>B3:1/7</b>	M_REPOSICION	<b>B3:2/7</b>	PRENDE_BAT7	<b>B3:3/7</b>	PRENDER_VENTI_4
<b>B3:0/8</b>	M8	<b>B3:1/8</b>		<b>B3:2/8</b>	PRENDE_BAT_8	<b>B3:3/8</b>	M4400
<b>B3:0/9</b>	M40	<b>B3:1/9</b>	PRENDE_VENTILADOR_2	<b>B3:2/9</b>	NIVEL_WARRICK_2	<b>B3:3/9</b>	M440
<b>B3:0/10</b>	M400	<b>B3:1/10</b>	PRENDER_VENTILADOR_2	<b>B3:2/10</b>	NIVEL_WARRICK_1	<b>B3:3/10</b>	M4_4
<b>B3:0/11</b>	M4000	<b>B3:1/11</b>	PRENDER_VENTILADOR2	<b>B3:2/11</b>	PRENDE_BOMBA2	<b>B3:3/11</b>	M5500
<b>B3:0/12</b>	M50	<b>B3:1/12</b>		<b>B3:2/12</b>	PRENDER_BOMBA2	<b>B3:3/12</b>	M550
<b>B3:0/13</b>	M500	<b>B3:1/13</b>	PRENDE_VENTILADOR_3	<b>B3:2/13</b>	PRENDER_BOMBA_2	<b>B3:3/13</b>	M5_5
<b>B3:0/14</b>	M5000	<b>B3:1/14</b>	PRENDE_VENTILADOR3	<b>B3:2/14</b>	PRENDER_BOMBA_2	<b>B3:3/14</b>	M6600
<b>B3:0/15</b>	M60	<b>B3:1/15</b>	PRENDER_VENTILADOR_3	<b>B3:2/15</b>	PRENDE_BOMBA_3	<b>B3:3/15</b>	M660

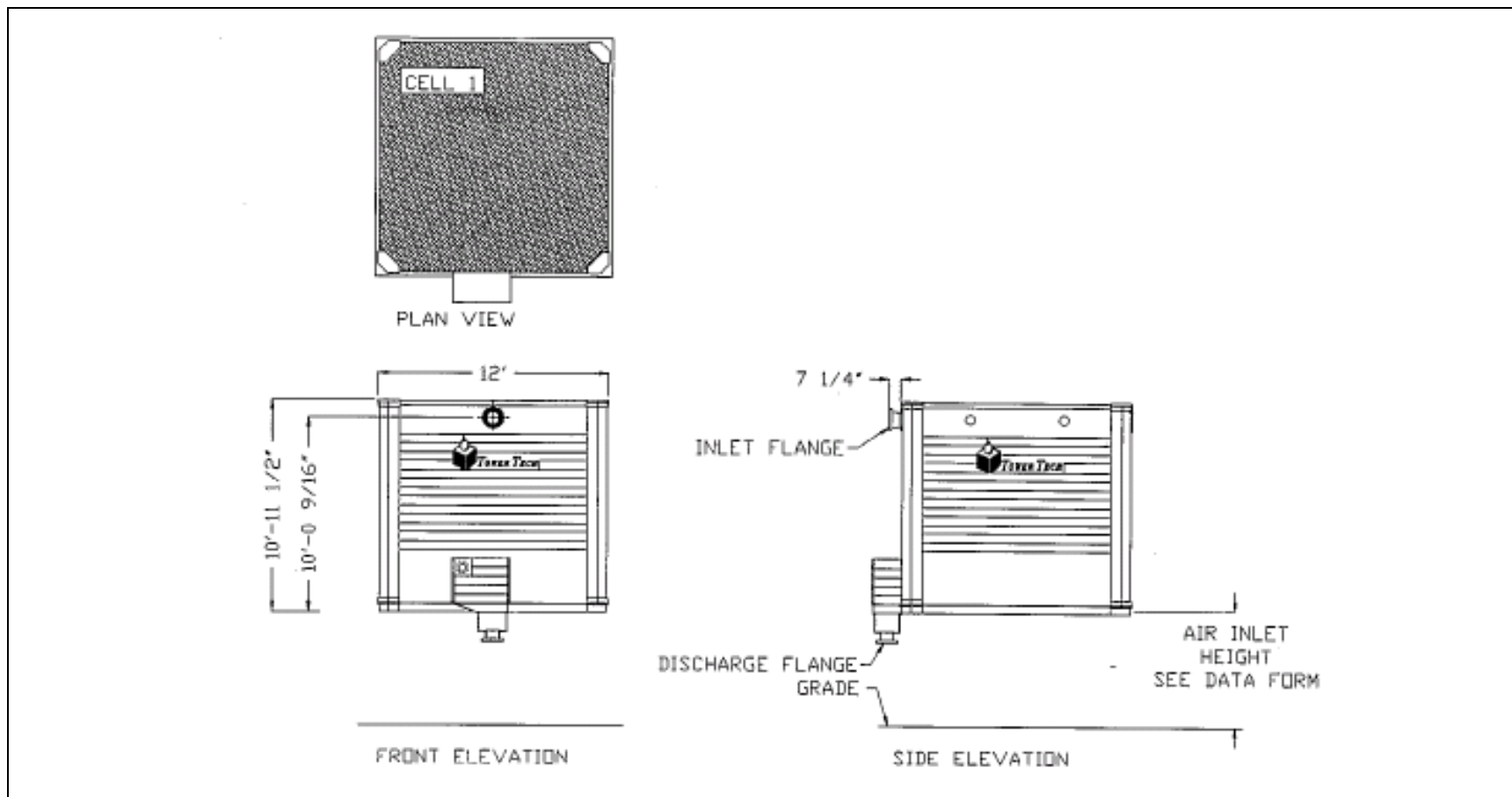
**Anexo F**  
**Especificaciones técnicas del PLC Siemens Simatic S7-200 CPU 214**

<b>Tamaño físico AxAxP</b>	197mm x 80mm x 62mm
<b>Memoria:</b>	
Programada (EEPROM)	2K palabras
Datos de usuario	2K palabras
<b>Entradas/Salidas (E/S):</b>	
E/S Integradas	14 ent. Digitales/ 10 Sal. Tipo Rele
Módulos de expansión Máxima	7 Módulos
<b>Operaciones:</b>	
Velocidad de ejecución booleana	0.8 us/ operación
Contadores/ Temporizadores	128/128
Aritmética de coma flotante	Si
Aritmética de coma fija	Si
<b>Funciones Adicionales:</b>	
Contadores Rápidos	1 S/W, 2H/W
Potenciómetros Analógicos	2
Entradas de interrupción de hardware	4
Interrupción de comunicación	1 emisor/ 1 receptor
Interrupciones temporizadas	2
Reloj Tiempo Real	Si
<b>Comunicación:</b>	
Interfaz	1 (RS485)
Punto a punto	Si

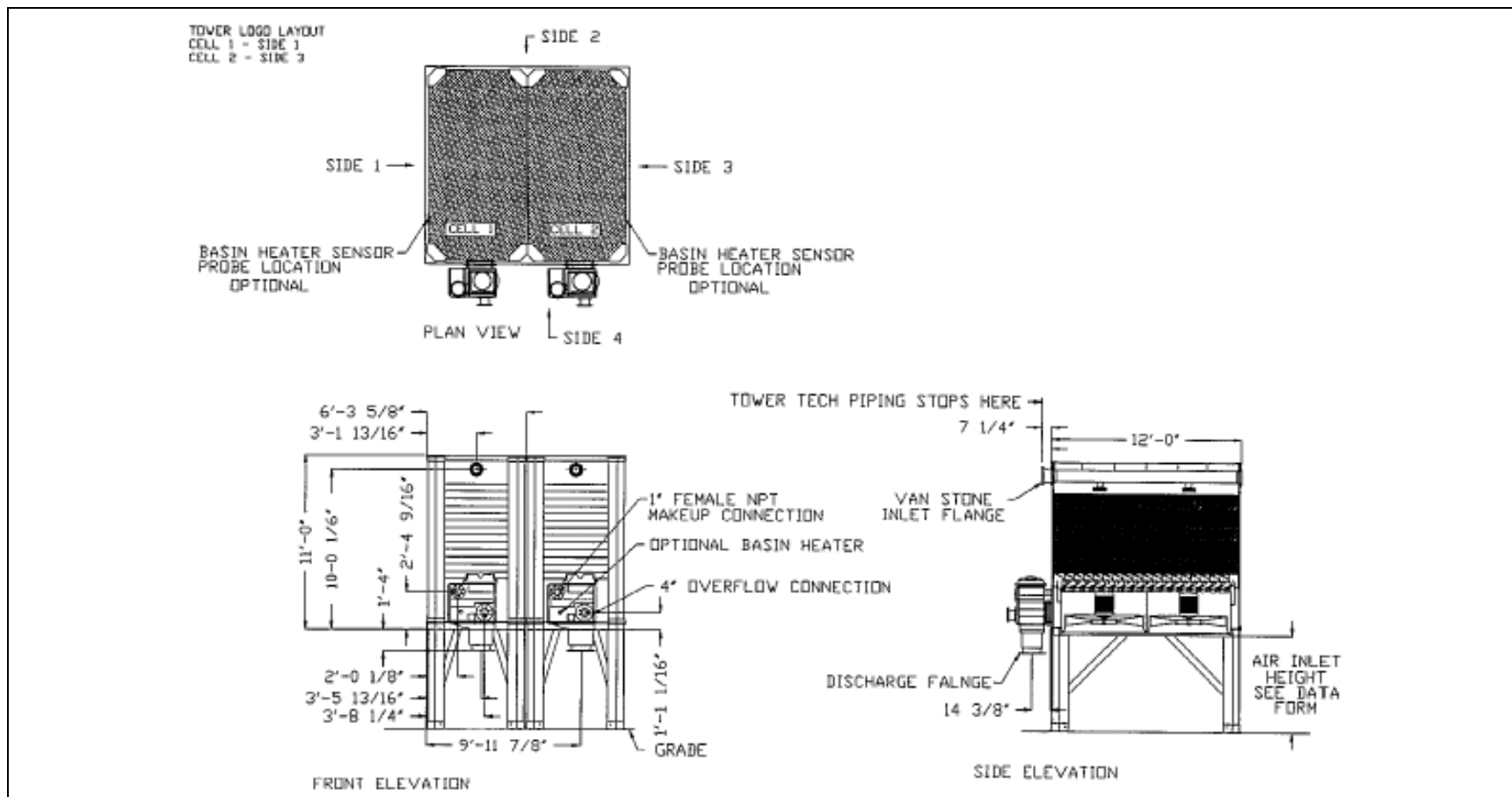


**Anexo G**  
**Torre De Enfriamiento TOWER TECH**



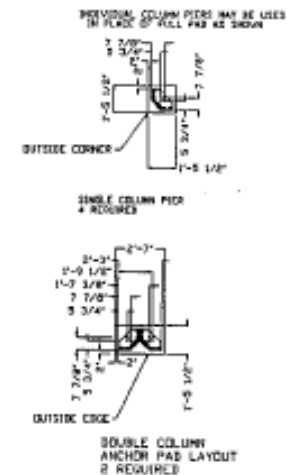
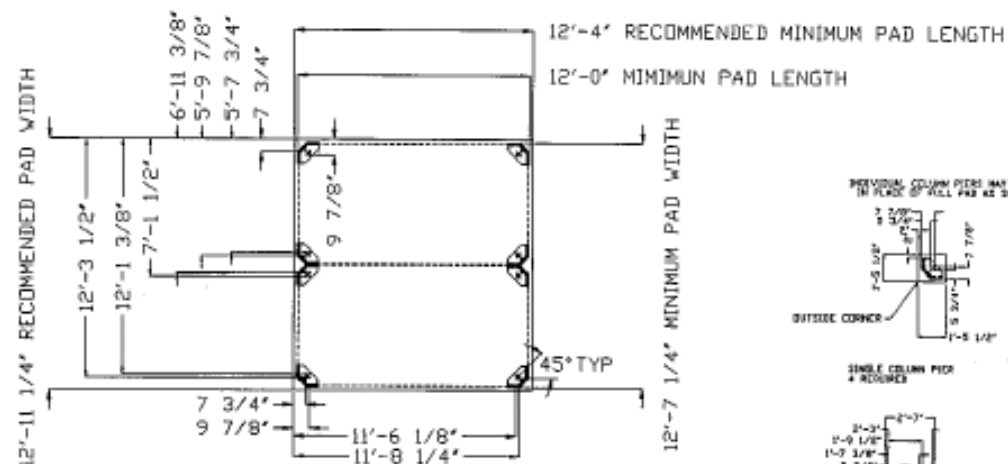


<b>TOWER TECH INC</b> CHICKASHA, OKLAHOMA 405-222-2876		NOMBRE	FECHA	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE INGENIERIA ELECTRONICA	
	DISEÑO:	Regina Brown	01/12/07	Proyecto: sistema de monitoreo y control para los ventiladores de la torre de enfriamiento y bombas distribuidoras de agua fría chillers	
	DIBUJO:	L. Fernando. R			
	REVISO:	Alexander Sandoval		Descripción de la pagina TTMT SERIES MODULAR	PAG: 1
	DESCRIP	Tower Plan & Elevatio			DE: 5



<b>TOWER TECH INC</b> CHICKASHA, OKLAHOMA 405-222-2876		NOMBRE	FECHA	<b>UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE INGENIERIA ELECTRONICA</b>	
	DISEÑO:	Regina Brown	01/12/07	Proyecto: sistema de monitoreo y control para los ventiladores de la torre de enfriamiento y bombas distribuidoras de agua fría chillers	
	DIBUJO:	L. Fernando. R			
	REVISO:	Alexander Sandoval		Descripción de la pagina TTMT SERIES MODULAR	PAG: 2
	DESCRIP	Tower Plan & Elevatio			DE: 5

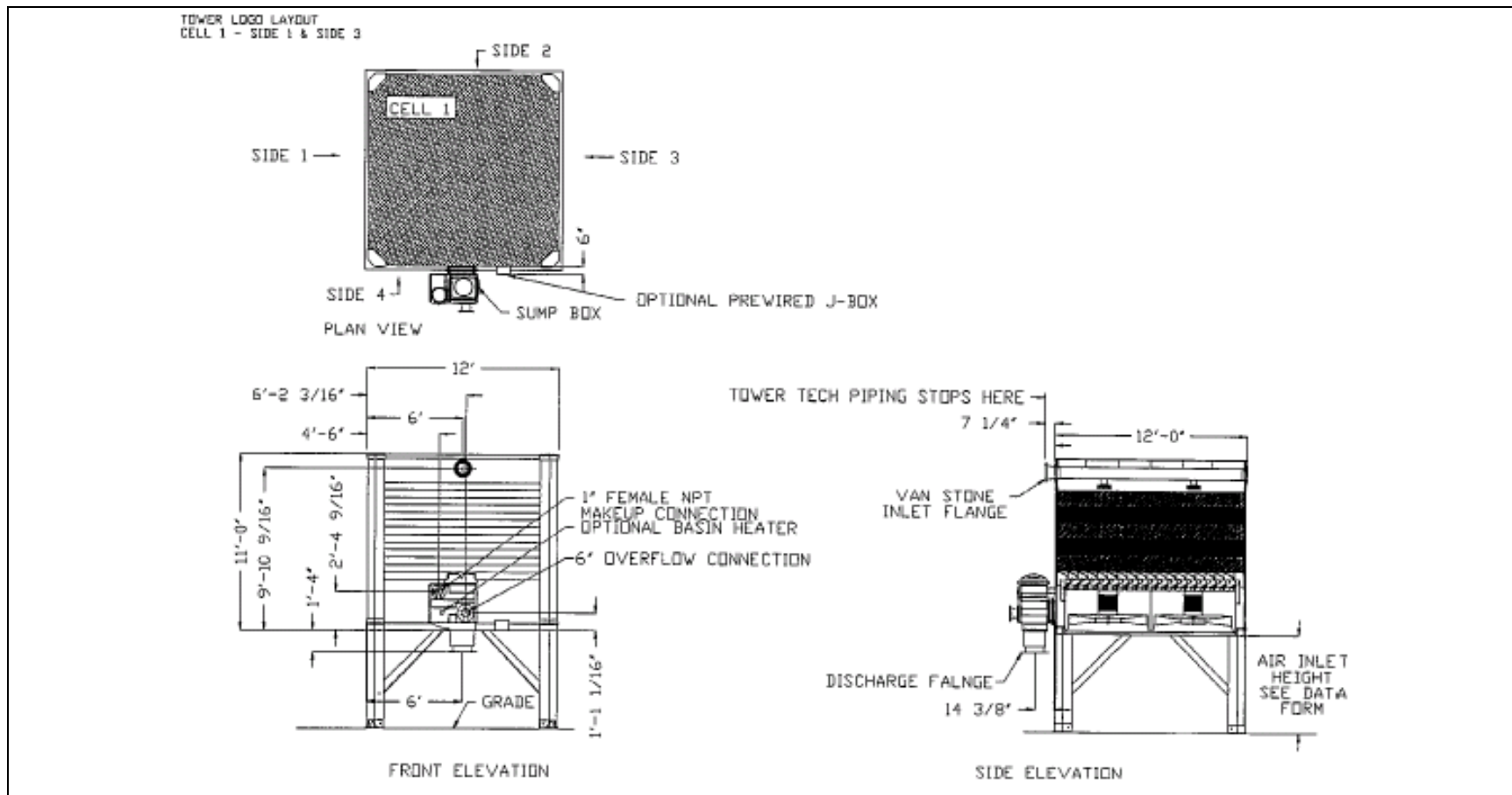
NOTE:  
ALL ANCHOR BOLTS  
TO BE 3/4" Ø WITH  
A 3" THREADED PROJECTION  
AFTER INSTALLATION OF  
ANCHOR FOOT PAD AND TOWER IS  
SECURE A NON-SHRINK GROUT IS  
TO BE APPLIED IN FOOT SLOTS  
MAX LOADING GOVERNED BY  
SITE SPECIFIC REQUIREMENTS  
FOR WIND AND SEISMIC  
CONDITIONS



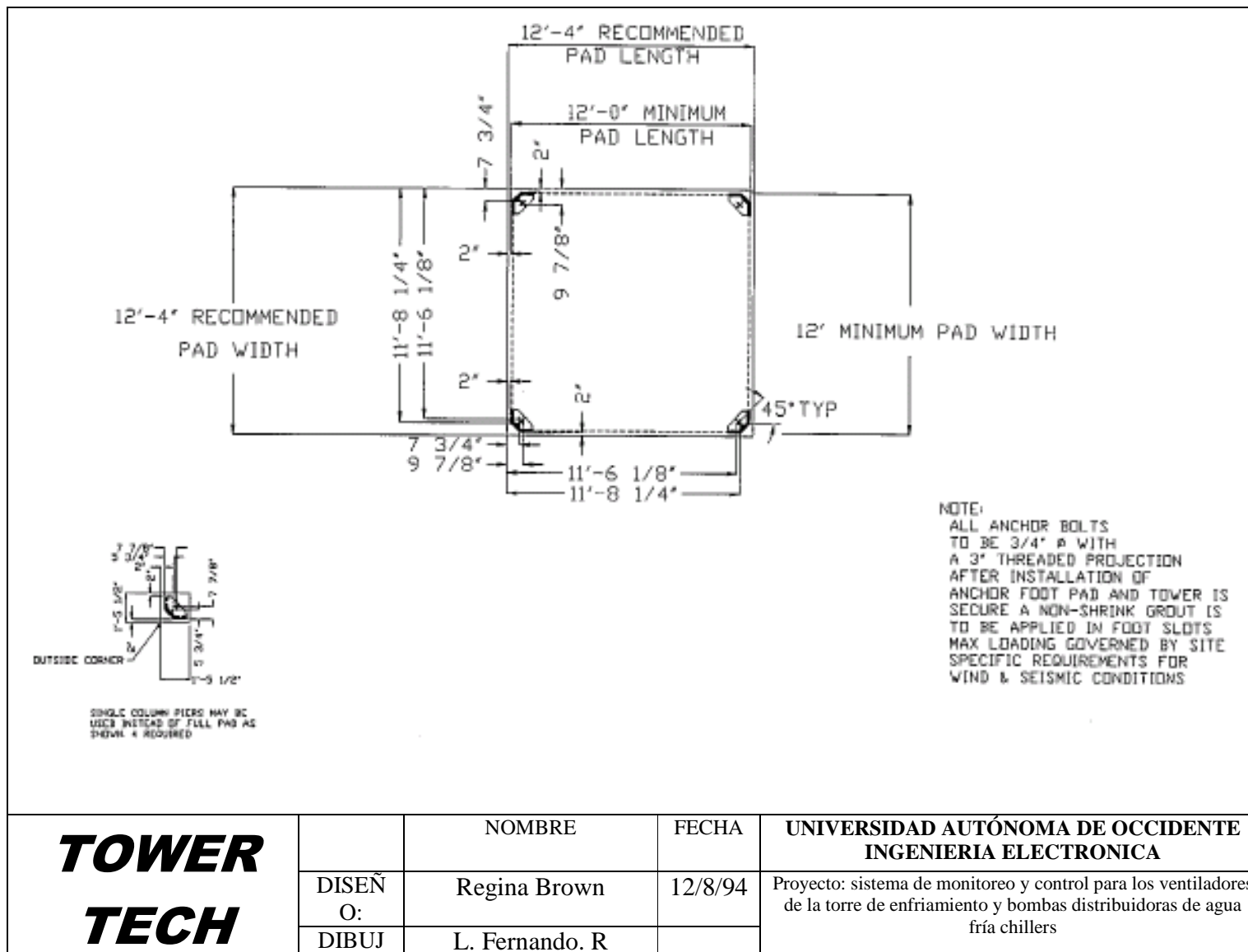
**TOWER  
TECH INC**

CHICKASHA, OKLAHOMA  
405-222-2876

	NOMBRE	FECHA	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE INGENIERIA ELECTRONICA	
DISEÑO:	Regina Brown	11/2/94	Proyecto: sistema de monitoreo y control para los ventiladores de la torre de enfriamiento y bombas distribuidoras de agua fría chillers	
DIBUJO:	L. Fernando. R			
REVISO:	Alexander Sandoval			
DESCRIP	Anchor Pad Layout		Descripción de la pagina TTMT SERIES MODULAR	PAG: 3 DE: 5



<b>TOWER TECH INC</b> CHICKASHA, OKLAHOMA 405-222-2876		NOMBRE	FECHA	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE INGENIERIA ELECTRONICA	
	DISEÑO:	Regina Brown	12/5/94	Proyecto: sistema de monitoreo y control para los ventiladores de la torre de enfriamiento y bombas distribuidoras de agua fría chillers	
	DIBUJO:	L. Fernando. R			
	REVISO:	Alexander Sandoval		Descripción de la pagina TTMT SERIES MODULAR	PAG: 4
	DESCRIP	Tower Plan & Elevation			DE: 5



<b>INC</b> CHICKASHA, OKLAHOMA 405-222-2876	O:				
	REVIS O:	Alexander Sandoval		Descripción de la pagina TTMT SERIES MODULAR	PAG: 5
	DESCR IP	Anchor Pad Layout			DE: 5